

ISBN : 978-602-8915-33-5

PENGELOLAAN EPIDEMI PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH



Oleh :
Dr. Ir. Sri Wiyatiningsih, M.P.

UPN Press

PENGELOLAAN EPIDEMI PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH

Dr. Ir. Sri Wiyatiningsih, M.P.

PENGELOLAAN EPIDEMI PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH

Hak Cipta © pada Penulis, hak penerbitan ada pada Penerbit UPN
University Press

Penulis : Dr. Ir. Sri Wiyatiningsih, M.P
Diset dengan : MS - Word Font Times New Roman 11 pt.
Halaman Isi : 87
Ukuran Buku : 16.5 x 23 cm
Cetakan I : 2010

Penerbit : UPN University Press

ISBN : 978-602-8915-33-5

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku ini. Buku ini disusun sebagai hasil rangkuman pemikiran dari berbagai hasil-hasil penelitian tentang epidemi penyakit moler yang akhir-akhir ini sering terjadi di lahan pertanian bawang merah di daerah-daerah sentra produksi.

Buku ini disusun guna memberikan pemahaman tentang bagaimana terjadinya epidemi penyakit moler dan upaya pengelolaannya. Buku ini di mulai dari penjelasan mengenai sifat dan perkembangan populasi patogen penyebab penyakit moler dalam interaksinya dengan populasi tanaman bawang merah, dalam lingkungan dan jangka waktu tertentu.

Buku ini dapat diselesaikan atas bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada semua pihak atas segala saran dan masukan yang diberikan demi kesempurnaan buku ini. Akhirnya penulis berharap semoga semua informasi di dalam buku ini bermanfaat.

Surabaya, Oktober 2010

Penulis,

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
 I. PERMASALAHAN PENYAKIT MOLER PADA BAWANG	
MERAH DI LAHAN	1
 II. PERTANAMAN BAWANG MERAH	
1. Komoditas Bawang Merah	5
2. Pengamatan Lahan Pertanaman, Pola Pergiliran Tanaman, Kultivar yang Ditanam, dan Iklim di Sekitar Pertanaman Bawang Merah.....	7
3. Lahan Pertanaman Bawang Merah.....	9
4. Pola Pergiliran Tanaman.....	10
5. Iklim.....	13
 III. PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH	
1. Gejala Penyakit Moler	15
2. Penyebab Penyakit Moler	17
 IV. PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DAUR	
HIDUP PATOGEN DAN EPIDEMI PENYAKIT	23
1. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Daur Hidup Patogen..	23
2. Epidemi Penyakit Tanaman	26

V. PERKEMBANGAN DAN AGIHAN PENYAKIT MOLER DI TIGA DAERAH SENTRA PRODUKSI BAWANG MERAH	31
1. Pengamatan Perkembangan dan Agihan Penyakit Moler	31
2. Luas serangan, Intensitas, dan Agihan Penyakit	34
VI. EPIDEMI PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH...	41
1. Pengamatan Epidemio Penyakit Moler.....	40
2. Periode Inkubasi Penyakit Moler	46
3. Intensitas Penyakit Moler	49
4. Laju Infeksi Penyakit Moler	59
5. Hasil Umbi Lapis Bawang Merah	62
6. Hubungan antara Hasil Umbi Lapis Bawang Merah dan Intensitas Penyakit Moler	65
VII. UPAYA PENGELOLAAN EPIDEMI PENYAKIT MOLER.....	70
1. Lahan yang Sesuai untuk Penanaman Bawang Merah	70
2. Pola Pergiliran Tanaman yang Sesuai dalam Upaya Pengelolaan Epidemio Penyakit Moler	71
3. Pemilihan Waktu Tanam Bawang Merah pada Cuaca yang Sesuai dalam Upaya Pengelolaan Epidemio Penyakit Moler	73
4. Penggunaan Kultivar Tahan dalam Upaya Pengelolaan Epidemio Penyakit Moler	77
VIII. KESIMPULAN DAN SARAN	80
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN	88

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Luas Tanam, Produksi, dan Produktivitas Bawang Merah Tahun 2005 di Beberapa Provinsi di Indonesia	6
Tabel 2. Pola Pergiliran Tanaman di 3 Kabupaten Sentra Produksi Bawang Merah	11
Tabel 3. Intensitas Penyakit Moler pada Bawang Merah pada Musim Hujan dan Kemarau di Beberapa Lahan Pengamatan	34
Tabel 4. Intensitas Penyakit Moler pada 6 Kultivar Bawang Merah di Bantul, Brebes, dan Nganjuk pada Musim Hujan dan Musim Kemarau	37
Tabel 5. Periode Inkubasi Penyakit Moler pada Kultivar Bawang Merah yang Ditanam di Beberapa Lahan pada Musim Hujan dan Kemarau	46
Tabel 6. Periode Inkubasi Penyakit Moler pada Bawang Merah yang Ditanam pada Musim Hujan dan Kemarau di Beberapa Jenis Tanah yang Berbeda	47
Tabel 7. Periode Inkubasi Penyakit Moler Pada Beberapa Kultivar Bawang Merah pada Musim Hujan dan Musim Kemarau	49
Tabel 8. Intensitas Penyakit Moler pada Beberapa Kultivar bawang Merah Berumur 50 Hari yang Ditanam di 4 Lahan yang Memiliki Jenis Tanah Berbeda pada Musim Hujan dan Kemarau	50
Tabel 9. Hasil Analisis Lintas Unsur-Unsur Cuaca terhadap Intensitas Penyakit Moler pada Bawang Merah.....	57

Tabel 10.	Laju Infeksi Penyakit Moler 6 Kultivar Bawang Merah yang Ditanam di 4 Lahan yang Memiliki Jenis Tanah Berbeda pada Musim Hujan dan Kemarau	60
Tabel 11.	Hasil Umbi Lapis kering 6 Kultivar Bawang Merah yang Ditanam di 4 Lahan yang Memiliki Jenis Tanah berbeda pada musim hujan dan kemarau.....	63
Tabel 12.	Persamaan Regresi yang Menunjukkan Hubungan antara Intensitas Penyakit Moler dan Hasil Umbi Lapis Kering Bawang Merah yang Ditanam di 4 Lahan pada Musim Hujan dan Kemarau.....	66
Tabel 13.	Persamaan Regresi yang Menunjukkan Hubungan antara Intensitas Penyakit Moler dan Hasil Umbi Lapis Kering Bawang Merah Kultivar Pilip, Bauji, Tiron, Biru, Kuning, dan Bima di Semua Lahan pada Musim Hujan dan Kemarau	68

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Gejala penyakit moler pada bawang merah kultivar Pilip berumur 35 hari.....	15
Gambar 2. Pola agihan penyakit moler pada bawang merah di lapangan	16
Gambar 3. Isolat <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i> dari berbagai kultivar dan daerah sentra produksi bawang merah	18
Gambar 4. Morfologi makorokonidium, mikrokonidium, dan klamidospora <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>	19
Gambar 5. Pembentukan mikrokonidium <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i> pada monofialid	20
Gambar 6. Pola agihan penyakit tanaman di lapangan (menurut Brown (1997))	32
Gambar 7. Kerusakan tanaman bawang merah karena penyakit moler dengan agihan mengelompok di lahan sawah Kecamatan Sukomoro Kabupaten Kabupaten Nganjuk	38
Gambar 8. Kondisi pertanaman bawang merah pada percobaan kajian ketahanan kultivar terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cepae</i>	51
Gambar 9. Laju infeksi penyakit moler pada musim hujan di beberapa lahan pertanaman bawang merah	62
Gambar 10. Histogram hasil umbi lapis bawang merah basah dan kering yang ditanam di lahan pasir Bantul, lahan sawah Bantul, lahan sawah Brebes, dan lahan sawah Nganjuk pada musim hujan dan musim kemarau	65

DAFTAR LAMPIRAN

halaman

Lampiran 1.	Luas Serangan, Intensitas, dan Agihan penyakit Moler pada Beberapa Kultivar Bawang Merah di Pertanaman	88
Lampiran 2.	Rerata intensitas penyakit moler berbagai kultivar bawang merah antar lahan pada kondisi cuaca tertentu musim hujan dan kemarau	91

I. PERMASALAHAN PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH DI LAHAN

Bawang merah merupakan salah satu jenis sayuran yang diproduksi oleh petani secara turun-temurun dalam skala luas. Bawang merah digunakan sebagai bumbu dapur untuk melezatkan berbagai makanan, dan hampir setiap masakan memerlukannya. Selain itu, komoditas tersebut juga dapat diolah menjadi bawang goreng yang pemasarannya sudah menembus pasar ekspor. Di beberapa daerah di Jawa Timur, daun bawang-merah muda dimanfaatkan sebagai lalapan ketika menyantap makanan ringan. Sebagai obat, umbi lapisnya dapat menyembuhkan beberapa penyakit.

Berdasarkan survei pertanian produksi tanaman sayuran di Indonesia pada tahun 2005, luas panen bawang merah mencapai 83.614 ha, dengan produksi 762.795 ton, dan produktivitas 8,76 ton/ha. Permintaan terhadap bawang merah terus meningkat, tidak hanya di pasar dalam negeri tetapi juga di luar negeri, sehingga terbuka peluang untuk ekspor komoditas tersebut. Berdasarkan tingginya produksi dan besarnya permintaan pasar, bawang merah dijadikan salah satu unggulan komoditas sayuran selain kentang, cabai, tomat, dan kubis (Anonim, 2005a).

Produktivitas bawang merah baru mencapai 8,76 ton/ha, lebih rendah daripada hasil penelitian yaitu di atas 10 ton/ha. Penyebab utama rendahnya produktivitas adalah gangguan hama, penyakit, dan penggunaan benih yang kurang bermutu. Gangguan hama dan penyakit merupakan kendala utama baik di pertanaman maupun di gudang.

Salah satu penyakit penting pada bawang merah yang akhir-akhir ini menimbulkan banyak kerugian di beberapa sentra produksi adalah penyakit moler. Penyakit moler yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*

f.sp. cepae (Hanz.) Snyd. & Hans sering terdapat di pertanaman, dan menurut laporan petani telah menimbulkan kerusakan dan menurunkan hasil umbi lapis hingga 50% (Wiyatiningsih, 2002).

Wiyatiningsih (2007) juga melaporkan bahwa penyakit moler lebih banyak ditemukan di pertanaman bawang merah di daerah Nganjuk Jawa Timur dibandingkan di daerah Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. Hal ini diduga karena adanya perbedaan kondisi lingkungan di kedua daerah tersebut. Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan iklim. Daerah sentra produksi bawang merah di Nganjuk Jawa Timur mempunyai jenis tanah Vertisol, sedangkan Bantul mempunyai jenis tanah Regosol.

Pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa petani di berbagai daerah sentra produksi, ada yang sepanjang tahun menanam bawang merah, namun ada pula yang melakukan pergiliran dengan komoditas lain, seperti misalnya padi. Penyakit moler lebih banyak ditemukan di lahan yang sepanjang musim ditanami bawang merah, tanpa pergiliran tanaman.

Menurut informasi petani, beberapa kultivar bawang merah mempunyai sifat ketahanan yang berbeda terhadap curahan air yang banyak dan kondisi lingkungan pada saat hujan, yang mempengaruhi perkembangan penyakit moler pada kultivar tersebut. Sebagai contoh, kultivar Pilip tidak tahan hujan sehingga penyakit moler berkembang cepat pada kultivar tersebut di lahan, sedangkan kultivar Bauji tahan hujan sehingga perkembangan penyakit moler pada kultivar tersebut lambat. Dengan demikian kultivar Pilip yang memiliki produksi tinggi hanya ditanam pada musim kemarau. Sholihah (2004) dalam studinya tentang identifikasi penyakit moler pada bawang merah melaporkan bahwa beberapa kultivar bawang merah menunjukkan kerentanan berbeda terhadap penyakit moler dalam kondisi rumah kaca.

Rabinowitch & Brewster (1990) menyatakan bahwa tingkat keparahan penyakit busuk umbi pada bawang bombay yang juga disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* berhubungan dengan populasi patogen tersebut di dalam tanah. Penyakit moler banyak terjadi di pertanaman yang benihnya berupa umbi lapis yang berasal dari tanaman di lahan pertanaman sebelumnya yang terdapat penyakit moler, meskipun umbi lapis tersebut dipilih dari tanaman yang tidak menunjukkan gejala moler.

Beberapa tahun terakhir banyak terjadi pergeseran musim dari penghujan ke kemarau atau sebaliknya yang tidak menentu, dan hal ini banyak menyebabkan gangguan pada musim tanam bawang merah yang pada akhirnya menimbulkan epidemi penyakit moler. Chakraborty & Pangga (2004) melaporkan bahwa beberapa penelitian menunjukkan keparahan penyakit pada tanaman semusim berfluktuasi menurut variasi iklim yang memicu perubahan cuaca yang ekstrim.

Upaya pengendalian penyakit moler pada bawang merah yang selama ini dilakukan hanyalah dengan mengumpulkan dan memusnahkan tanaman sakit, serta penggunaan kultivar yang diduga tahan. Setiap daerah sentra produksi menggunakan kultivar yang berbeda-beda. Upaya lain pencegahan dan pengendalian penyakit moler belum dapat dilakukan dengan tepat karena informasi mengenai agihan penyakit di pertanaman dan gatra epidemi penyakit ini belum banyak diketahui. Untuk itu telah dilakukan pengkajian perkembangan penyakit moler pada berbagai kultivar di lahan yang berbeda jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan cuacanya.

Penelitian *Kajian Epidemi Penyakit Moler pada Bawang Merah* telah dilakukan dan merupakan kajian yang sangat penting, tentang sifat dan perkembangan populasi patogen penyebab penyakit moler dalam interaksinya dengan populasi tanaman bawang merah, dalam lingkungan dan jangka waktu tertentu. Interaksi antara populasi patogen dan

populasi tanaman bawang merah yang menyebabkan perkembangan penyakit moler, diamati pada berbagai kultivar bawang merah yang ditanam di berbagai jenis tanah, pola pergiliran tanaman, serta cuaca pada musim hujan dan kemarau yang berbeda, dengan variabel pengamatan meliputi intensitas penyakit, laju infeksi, dan hasil umbi lapis. Penelitian dilaksanakan pada masa tanam bawang merah selama musim hujan dan kemarau tahun 2005/2006.

Oleh karena patogen penyebab penyakit moler merupakan jamur terbawa tanah, maka analisis perkembangan penyakit yang dilakukan menggunakan analisis kuantitatif untuk penyakit yang perkembangannya mengikuti pola monosiklik.

Hasil penelitian telah dimanfaatkan sebagai informasi dasar yang lebih tepat dan lengkap mengenai faktor-faktor yang mendukung terjadinya epidemi penyakit moler. Dengan demikian, dalam upaya pengelolaan epidemi penyakit moler, informasi tersebut digunakan untuk menentukan komponen pengendalian yang sesuai dengan sifat patogen dan perkembangan penyakit moler.

II. PERTANAMAN BAWANG MERAH

1. Komoditas Bawang Merah

Bawang merah (*Allium cepa* L. var. *ascalonicum* Backer) telah lama dikenal sebagai obat tradisional dan penyedap makanan. Bawang merah merupakan komoditas unggulan dengan prospek permintaan pasar yang cukup baik, sehingga memegang peranan penting dalam perdagangan dan mendapat prioritas pengembangan (Anonim, 2004).

Menurut data asli dari Heyne tahun 1920, bawang merah telah dibudidayakan di Indonesia sejak tahun 1907. Pusat pertanaman dan daerah penyebarannya pada waktu itu adalah Cirebon, Brebes, Tegal, dan Kulonprogo (Heyne, 1987). Dalam perkembangan selanjutnya tanaman ini diusahakan hampir di seluruh Provinsi kecuali Riau, Bangka-Belitung, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Tengah (Anonim, 2005b).

Sentra produksi bawang merah di Jawa adalah Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, dan Jawa Timur. Sentra produksi bawang merah di luar Jawa adalah Nangroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sulawesi Selatan, Bali, dan Nusa Tenggara Barat (Anonim, 2005b).

Luas tanam, produksi, dan produktivitas bawang merah tahun 2005 di beberapa provinsi yang merupakan daerah sentra produksi bawang merah di Indonesia, tertera dalam Tabel 1.

Menurut Sumarni & Rosliani (1995), bawang merah dapat tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian 800 m di atas permukaan laut (dpl), namun pertumbuhan optimalnya terjadi di daerah 1 – 250 m dpl. Untuk menghasilkan umbi lapis, suhu yang cocok 25,0 – 30,0°C, kelembapan nisbi udara antara 80 – 90%, curah hujan 2.300 – 2.500 mm/tahun atau 100

- 200 mm/bulan, tanah gembur, subur, banyak mengandung bahan organik, cukup menyediakan air, aerasinya baik, tidak becek, dan pH berkisar 6,0 – 6,8.

Luas pertanaman bawang merah di Kabupaten Bantul pada tahun 2005 adalah 1.752 ha, dengan produksi sebanyak 16.931 ton. Pertanaman tersebut terletak di daerah dekat pantai dengan ketinggian tempat 1 – 50 m dpl. Suhu dan kelembapan udara rata-rata di daerah tersebut mencapai 25,0 – 31,6°C, dan 60 – 75%, sedangkan curah hujan sebesar 1.470 mm/tahun. Jenis tanah umumnya Regosol dengan pH 6,0 –7,0 (Anonim, 2005c).

Tabel 1. Luas Tanam, Produksi, dan Produktivitas Bawang Merah Tahun 2005 di Beberapa Provinsi di Indonesia

Provinsi	Luas tanam (ha)	Produksi (ton)	Produktivitas (ton/ha)
Nanggroe Aceh Darussalam	1.061	7.856	7,40
Sumatera Utara	1.074	9.226	8,60
Sumatera Barat	2.059	19.118	9,30
Jawa Barat	12.653	118.795	9,40
Jawa Tengah	22.036	202.692	9,10
D. I. Yogyakarta	2.219	21.444	9,60
Jawa Timur	25.531	233.098	9,20
Bali	10.136	86.293	8,50
Nusa Tenggara Barat	8.801	70.408	8,00
Sulawesi Selatan	2.381	12.081	5,10

Sumber: Anonim (2005b)

Produksi bawang merah di Kabupaten Nganjuk menempati urutan pertama di Jawa Timur, pada tahun 2005 ditanam pada luasan 5.859 ha, dengan produksi 50.563 ton. Pertanaman bawang merah di Kabupaten Nganjuk terletak di daerah dengan ketinggian tempat 50 – 100 m dpl, dengan suhu dan rerata kelembapan udara adalah 25 – 30°C dan 65 –

80%, serta curah hujan mencapai 1.876 mm/tahun. Jenis tanah Vertisol dengan pH 6,0 - 8,0 (Anonim, 2005d).

Kabupaten Brebes merupakan daerah sentra produksi bawang merah paling luas dibandingkan Bantul dan Nganjuk. Tahun 2005 luas pertanaman bawang merah mencapai 18.681 ha, dengan produksi 153.964 ton. Pertanaman bawang merah di Brebes terletak di daerah dengan ketinggian di bawah 100 m dpl. Curah hujan di daerah tersebut mencapai 2.342 mm/tahun. Jenis tanah umumnya Aluvial dengan pH 7,7 - 8,1 (Anonim, 2005e).

Dalam budidaya bawang merah, para petani sampai saat ini masih menggunakan benih berupa umbi lapis yang diambil dari pertanaman konsumsi tanpa menyeleksi lagi umbi lapis yang seharusnya cocok untuk benih, bahkan di beberapa tempat petani menggunakan bawang merah impor yang seharusnya untuk konsumsi. Benih yang digunakan para petani umumnya dari bawang merah yang ditanam turun menurun, sehingga produktivitasnya akan mengalami penyusutan. Produktivitas bawang merah yang seharusnya rata-rata mencapai di atas 10 ton/ha, hanya mampu mencapai 7 - 9 ton/ha. Penyediaan umbi benih unggul yang berkesinambungan masih sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan benih. Dalam rangka pengawasan mutu umbi lapis sebagai benih diperlukan adanya standar mutu yang dapat diterapkan di lapangan (Putrasamedja & Permadi, 2001; Anonim, 2004).

2. Pengamatan Lahan Pertanaman, Pola Pergiliran Tanaman, Kultivar yang Ditanam, dan Iklim di Sekitar Pertanaman Bawang Merah

Data lahan pertanaman, pola pergiliran tanaman, kultivar yang ditanam, dan iklim di sekitar pertanaman bawang merah diperoleh

dengan cara survei atau pengamatan langsung ke lahan, dan wawancara dengan petani serta PHP.

a. Survei. Survei dilakukan di Kecamatan Sanden, Kretek, dan Srandakan Kabupaten Bantul, Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes, dan Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk, pada musim hujan dan musim kemarau tahun 2005/2006. Pertanaman yang disurvei dikelompokkan dengan indikator keragamannya karena perbedaan dalam jenis lahan, pola pergiliran tanaman, dan kultivar tanaman, kemudian dipilih secara acak terlapis dengan satuan penarikan contoh utama adalah petak lahan dan satuan penarikan contoh kedua adalah sub petak. Dalam setiap sub petak lahan jumlah tanaman yang digunakan sebagai contoh sebanyak 100 tanaman (Gomez & Gomez, 1984).

Survei dilakukan untuk mengetahui:

- 1) Kondisi lahan. Kondisi lahan yang diamati meliputi ketinggian tempat, jenis lahan, jenis tanah, dan pola pergiliran tanaman. Untuk melengkapi data kondisi lahan dilakukan pengumpulan data sekunder yang diperoleh dari Kantor Kecamatan.
- 2) Kondisi iklim. Kondisi iklim di daerah sentra produksi yang diamati meliputi data iklim berupa anasir suhu dan kelembapan udara, serta curah hujan. Data tersebut berupa data sekunder yang dikumpulkan dari stasiun meteorologi yang ada di Kecamatan Sanden, Kecamatan Kretek, Kecamatan Srandakan di Kabupaten Bantul, Kecamatan Larangan di Kabupaten Brebes, dan Kecamatan Sukomoro di Kabupaten Nganjuk.

b. Wawancara dengan petani dan PHP. Wawancara dengan petani dilakukan untuk mengetahui pola pergiliran tanaman yang dilakukan, cara petani bercocok tanam bawang merah, dan kultivar bawang merah yang ditanam. Petani yang diwawancarai adalah petani yang lahannya telah ditetapkan sebagai tapak yang digunakan dalam pengamatan. Jumlah responden seluruhnya 180 orang. Pelaksanaan wawancara dengan petani dilakukan sebelum pelaksanaan survei, selama musim tanam bawang merah. Wawancara dilakukan dengan cara menyebarkan formulir materi wawancara melalui PHP atau ketua kelompok tani, satu minggu kemudian bersama dengan PHP mendatangi petani yang sedang berada di lahan atau di rumahnya, untuk meminta mereka mengisi dan atau melengkapi isian formulir.

3. Lahan Pertanaman Bawang Merah

Hasil survei dan wawancara di tiga daerah sentra produksi bawang merah disajikan dalam Lampiran 1. Hasil tersebut menunjukkan bahwa lahan pertanaman bawang merah terletak pada ketinggian tempat 0 – 100 m dpl. Lahan tersebut umumnya berupa lahan sawah. Namun demikian, pada 5 tahun terakhir penanaman bawang merah mulai banyak dilaksanakan di lahan pasir, seperti yang dilakukan para petani di daerah pesisir selatan Kabupaten Bantul.

Penanaman bawang merah di lahan pasir dapat berhasil dilakukan, namun memerlukan pupuk organik dan anorganik yang lebih banyak, pemulsaan, penyiraman yang lebih sering terutama pada musim kemarau, serta pemeliharaan yang intensif. Hal tersebut dikarenakan lahan pasir miskin hara dan bahan organik, sangat porus, suhu permukaan tanah tinggi, serta adanya tiupan angin kencang yang

membawa partikel-partikel garam dapat berpengaruh kurang baik bagi pertumbuhan tanaman (Chalifah, 2003).

Lahan sawah untuk pertanaman bawang merah di beberapa daerah, berbeda jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan iklimnya. Lahan sawah di Kabupaten Bantul memiliki jenis tanah Regosol, di Kabupaten Brebes berjenis Aluvial, dan di Kabupaten Nganjuk berjenis Vertisol.

Jenis tanah Regosol umumnya mengandung bahan yang belum atau masih baru mengalami pelapukan, dengan tekstur kasar atau pasir, struktur kersai atau remah, dengan pH 6,0-7,0, porositasnya tinggi, dan belum membentuk agregat. Tanah Aluvial meliputi lahan yang sering atau baru saja mengalami banjir, sifat bahan-bahannya tergantung pada kekuatan banjir dan macam bahan yang diangkut. Jenis tanah Vertisol merupakan tanah lempung berwarna kelam yang bersifat fisik berat, struktur lapisan atas granuler, terdiri atas bahan-bahan yang sudah mengalami pelapukan, serta mengandung kapur, dengan pH 6,0-8,2 (Darmawijaya, 1980).

4. Pola Pergiliran Tanaman

Hasil survei dan wawancara dengan petani dan PHP mengenai pola pergiliran tanaman di sentra produksi bawang merah dapat dilihat dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 diketahui bahwa terdapat beberapa pola pergiliran tanaman yang berbeda di masing-masing daerah. Di lahan pasir penanaman bawang merah dilakukan 3 kali dalam setahun dan hanya sekali digilir dengan semangka, sayuran, atau cabai, tidak dapat dilakukan pergiliran dengan padi (Pola A). Pergiliran dengan padi umumnya dilakukan di lahan sawah (Pola B, C1, C2, D1, dan D2). Beberapa petani di daerah Nganjuk tidak melakukan pergiliran dengan padi, penanaman bawang merah hanya digilir dengan tanaman sayur

Tabel 2. Pola Pergiliran Tanaman di 3 Kabupaten Sentra Produksi Bawang Merah

No.	Lahan/Lokasi	Jenis tanaman yang ditanam											
		Oktober	Nopember	Desember	Januari	Pebruari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September
1.	Lahan Pasir Bantul (Pola A)	Semangka /Sayuran	Semangka /Sayuran	Bawang Merah 1	Bawang Merah1	Bawang Merah 2	Bawang Merah2 + Cabai	Bawang Merah2 +Cabai	Cabai	Cabai	Bawang Merah3	Bawang Merah3	Semangka /Sayuran
2.	Lahan Sawah Bantul (Pola B)	Padi	Padi	Padi	Padi	Padi	Bawang Merah1	Bawang Merah1 +Cabai	Bawang Merah1 +Cabai	Cabai	Cabai	Bawang Merah2	Bawang Merah 2
3.	Lahan Sawah Brebes (Pola C1)	Bawang Merah 2	Bawang Merah 2	Padi	Padi	Padi	Padi	Bawang Merah1	Bawang Merah1	Bawang Merah1	Cabai	Cabai	Cabai
	(Pola C2)	Bawang Merah 2	Padi	Padi	Padi	Padi	Kedelai	Kedelai	Kedelai	Kedelai	Bawang Merah1	Bawang Merah1	Bawang Merah2
4.	Lahan Sawah Nganjuk (Pola D1)	Bawang Merah 2	Bawang Merah 2	Padi	Padi	Padi	Padi	Padi	Padi	Padi	Padi	Bawang Merah1	Bawang Merah 1
	(Pola D2)	Bawang Merah 2	Bawang Merah 2	Padi	Padi	Padi	Padi	Kedelai	Kedelai	Kedelai	Kedelai	Bawang Merah1	Bawang Merah 1
	(Pola D3)	Bawang Merah 3	Bawang Merah 3	Sayuran/ Melon	Sayuran/ Melon	Sayuran/ Melon	Bawang Merah1	Bawang Merah1	Bawang Merah1	Bawang Merah2	Bawang Merah2	Bawang Merah2	Bawang Merah 3
	(Pola D4)	Bawang Merah 3	Bawang Merah 3	Bawang Merah 4	Bawang Merah4	Bawang Merah4	Bawang Merah1	Bawang Merah1	Bawang Merah1	Bawang Merah2	Bawang Merah2	Bawang Merah2	Bawang Merah 3

Keterangan : Sayuran yang dimaksud adalah tanaman sayuran selain bawang merah dan cabai

Sumber: hasil survei dan hasil wawancara dengan petani dan Petugas Pengamat Hama

(Pola D3), bahkan ada yang menanam bawang merah terus-menerus (Pola D4).

Pergiliran tanaman bawang merah dengan padi dilakukan petani sehubungan dengan ketersediaan air di masing-masing daerah, khususnya pada musim hujan. Namun, ada juga petani yang tidak melakukan pergiliran dengan padi meskipun air tersedia. Menurut PPL di Kabupaten Nganjuk, lahan sawah yang terus menerus ditanami bawang merah atau hanya digilir dengan tanaman sayuran tidak digilir dengan tanaman padi, biasanya milik petani yang enggan atau tidak mempunyai cukup tenaga dan biaya untuk membongkar bedengan dan mengolah tanah untuk menanam padi. Namun, banyak pula petani yang tidak mau melakukan pergiliran dengan padi karena alasan keuntungan usaha tani bawang merah yang cukup tinggi.

Untuk daerah Nganjuk, pola pergiliran tanaman Padi-Kedelai-Bawang Merah-Bawang Merah merupakan pergiliran paling ideal untuk mendapat hasil yang optimal, tetapi cara tersebut seringkali tidak dipatuhi karena petani ingin mendapatkan keuntungan besar dari bawang merah. Padahal jika diperhitungkan dengan cermat kerugian juga lebih banyak, selain hasilnya tidak memuaskan karena kondisi tanah semakin berkurang kesuburannya, siklus kehidupan organisme pengganggu tanaman tidak terputus (Anonim, 2007).

Tidak dilakukannya pergiliran dengan padi, yang berarti kurang dilakukan pengolahan tanah secara intensif di lahan-lahan yang akan digunakan untuk penanaman bawang merah, akan mempengaruhi perkembangan penyakit moler di lahan tersebut. Hal ini dikarenakan propagul *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* yang terdapat di dalam tanah, tidak terangkat ke atas dan terkena cahaya matahari, sehingga dapat bertahan lama. Pengolahan tanah akan mengurangi jumlah propagul jamur tersebut di dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bockus

& Shroyer (1998), bahwa pengurangan kegiatan pengolahan tanah dapat mendukung kehidupan patogen terbawa tanah.

Menurut Zadoks dan Schein (1979), pergiliran tanaman dengan dua tanaman atau lebih yang tahan terhadap suatu patogen atau bukan inangnya, akan memberikan efek menurunnya ketersediaan makanan, sehingga dapat menurunkan populasi patogen tersebut yang berarti menekan inokulum awal (X_0). Pergiliran dengan padi di lahan bawang merah akan memutus siklus hidup *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* sehingga mengurangi jumlah propagul di dalam tanah.

Di Kabupaten Bantul pada musim kemarau penanaman bawang merah umumnya ditumpangsari dengan cabai. Tanaman cabai ditanam di sela-sela bawang merah yang berumur 1 bulan, dengan tujuan agar tanaman cabai yang masih kecil terlindungi dari sengatan sinar matahari. Ketika bawang merah dipanen tanaman cabai sudah cukup kuat untuk tumbuh menggantikan bawang merah di lahan.

5. Iklim

Data anasir iklim yang dicatat di ketiga daerah survei, meliputi suhu udara, kelembapan udara, dan curah hujan. Suhu udara di beberapa Kecamatan di Kabupaten Bantul berkisar 25 – 33°C, di Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes berkisar 25 – 30°C, dan di Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk berkisar 25 – 30°C (Lampiran 1). Data tersebut menunjukkan di antara ketiga daerah tersebut, suhu udara tertinggi terjadi di Kabupaten Bantul. Hal ini disebabkan rerata ketinggian tempat di daerah Bantul paling rendah yaitu 1 – 100 m dpl.

Menurut Wisnubroto (1999), dalam kaitannya dengan suhu udara, salah satu hal yang penting adalah hubungannya dengan tinggi tempat dan jaraknya dari pantai. Suhu udara akan semakin turun dengan semakin tinggi tempat, dan semakin naik dengan semakin dekat pantai. Sangat

penting untuk mengetahui fluktuasi suhu pada suatu wilayah karena suhu memegang peran penting dalam perkembangan produksi tanaman.

Gardner *et al.* (1991) menyatakan bahwa kelembapan udara dan curah hujan sangat mempengaruhi proses evapotranspirasi, sehingga berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hasil survei menunjukkan bahwa kelembapan udara tertinggi 70 - 90% terjadi di Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes, terendah terjadi di Kabupaten Bantul berkisar 60 - 80%, dan di Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk sebesar 65 - 80%. Curah hujan di Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes mencapai 2.342 mm/tahun, di Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk 1.876 mm/tahun, dan Kecamatan Sanden, Kretek, dan di Srandakan Kabupaten Bantul mencapai 1.470-1.540 mm/tahun.

Menurut Sumarni & Rosliani (1995), bawang merah dapat tumbuh secara optimal di daerah dengan ketinggian 1-250 m dpl. Untuk menghasilkan umbi, suhu yang cocok berkisar 25 - 30°C, kelembapan nisbi udara 80-90%, curah hujan 2.300 - 2.500 mm per tahun atau 100 - 200 mm per bulan. Dengan demikian, di antara ketiga daerah sentra produksi bawang merah yang disurvei, kondisi iklim di Brebes paling sesuai untuk pertumbuhan bawang merah, sedangkan kondisi iklim di Bantul dan Nganjuk kurang sesuai untuk pertumbuhan bawang merah.

Kondisi lingkungan yang kurang sesuai untuk pertumbuhan bawang merah dapat menyebabkan produksi umbi lapis kurang maksimal, karena proses fisiologis terganggu dan tanaman tidak mampu menahan serangan patogen. Menurut Wisnubroto (1999), usaha pertanian perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan suatu wilayah. Kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman mempunyai keuntungan berupa biaya produksi yang biasanya rendah.

III. PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH

1. Gejala Penyakit Moler

Menurut Duriat *et al.* (1995) penyakit moler merupakan layu Fusarium dengan gejala tanaman layu dengan cepat, akar tanaman busuk, tanaman seperti akan roboh, di pangkal umbi lapis terlihat koloni jamur keputih-putihan, dan warna daun kekuning-kuningan serta bentuknya agak melengkung. Namun, Wiyatiningsih (2002) menunjukkan bahwa gejala penyakit layu Fusarium dan penyakit moler berbeda. Gejala penyakit moler yaitu batang semu dan daun tumbuh lebih panjang dan meliuk, warna daun hijau pucat, namun tidak layu. Apabila tanaman sakit dicabut tampak umbi lapis lebih kecil dan lebih sedikit dibandingkan yang sehat, serta tidak tampak adanya pembusukan pada umbi lapis dan akar. Pada kondisi lanjut, tanaman menjadi kering dan mati.



Gambar 1. Gejala penyakit moler pada bawang merah kultivar Pilip berumur 35 hari

Gambar 1 menunjukkan gejala penyakit moler pada bawang merah kultivar Pilip berumur 35 hari yang ditanam di lahan sawah di Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk, yang memiliki jenis tanah Vertisol.

Kuruppu (1999) melaporkan pertama kali, adanya suatu penyakit pada bawang merah (*Allium cepa* var. *ascalonicum*) yang menyebabkan kehilangan hasil hingga 20-30% di beberapa lahan pertanian di Kalpitiya Peninsula Sri Lanka. Gejala penyakit meliputi klorosis diikuti daun mengeriting dan meliuk, dan pemanjangan yang tidak normal dari bagian batang semu yang mulai tampak setelah munculnya daun pertama dari umbi lapis, selanjutnya tanaman mati.

Gejala penyakit moler di lapangan mulai tampak pada tanaman yang berumur lebih kurang 20 hari. Percobaan di rumah kaca menunjukkan bahwa penyakit moler mempunyai periode inkubasi 14 hari (Wiyatiningsih, 2002).



Gambar 2. Pola agihan penyakit moler pada bawang merah di Lapangan

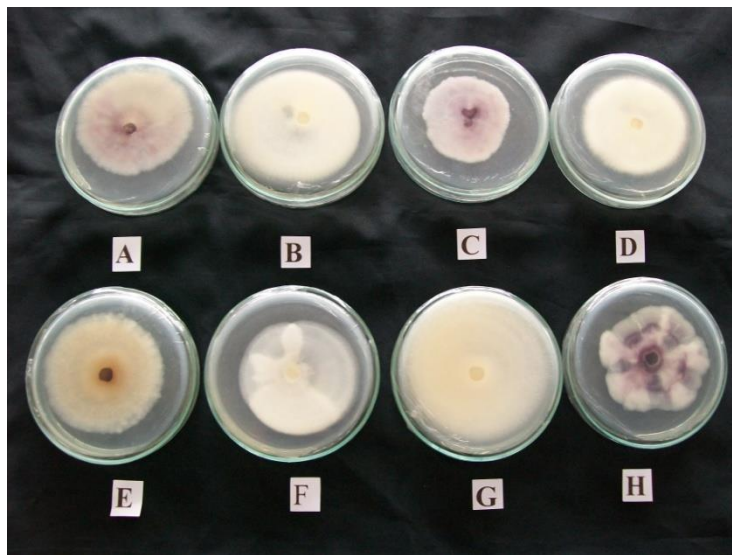
Penyakit moler mempunyai agihan mengelompok dengan batas tegas seperti disajikan pada Gambar 2. Menurut Kerr (1980) dan Brown (1997), agihan penyakit seperti tersebut merupakan karakteristik penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen terbawa tanah.

2. Penyebab Penyakit Moler

Menurut Lacy (1982) dan Joffe (1986), *F. oxysporum* yang menyerang bawang-bawangan adalah *F. oxysporum* f.sp. *cepae*. Kuruppu (1999) melaporkan, uji Postulat Koch pada bawang merah yang bergejala daun klorosis dan meliuk menunjukkan bahwa penyebabnya adalah *Fusarium oxysporum*. Wiyatiningsih (2002) dalam studinya tentang etiologi penyakit moler pada bawang merah membuktikan bahwa *F. oxysporum* f.sp. *cepae* merupakan penyebab penyakit moler.

F. oxysporum f.sp. *cepae* merupakan jamur penyebab penyakit layu dan busuk bagian korteks pada lebih dari 100 tanaman pertanian penting. *F. oxysporum* f.sp. *cepae* yang menyerang bawang bombay dikenal sebagai patogen terbawa tanah yang penting di Amerika Serikat. Serangan patogen tersebut pada berbagai kultivar bawang bombay dapat menurunkan hasil umbi lapis mulai dari 10% hingga lebih dari 50% (Lacy, 1982; Swift *et al.*, 2002).

Fusarium oxysporum f.sp. *cepae* pada medium *Potato Dextrose Agar* menunjukkan pertumbuhan yang cepat yaitu diameter koloninya lebih dari 2-5 cm setelah 4 hari, dengan warna biakan ungu pucat. Morfologi koloni *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* terlihat pada gambar 3. Gambar 3 menunjukkan berbagai koloni *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* yang ditumbuhkan pada medium Komada dalam cawan Petri, hasil isolasi dari berbagai kultivar bawang merah yang menunjukkan gejala penyakit moler yang ditanam di berbagai daerah sentra produksi.

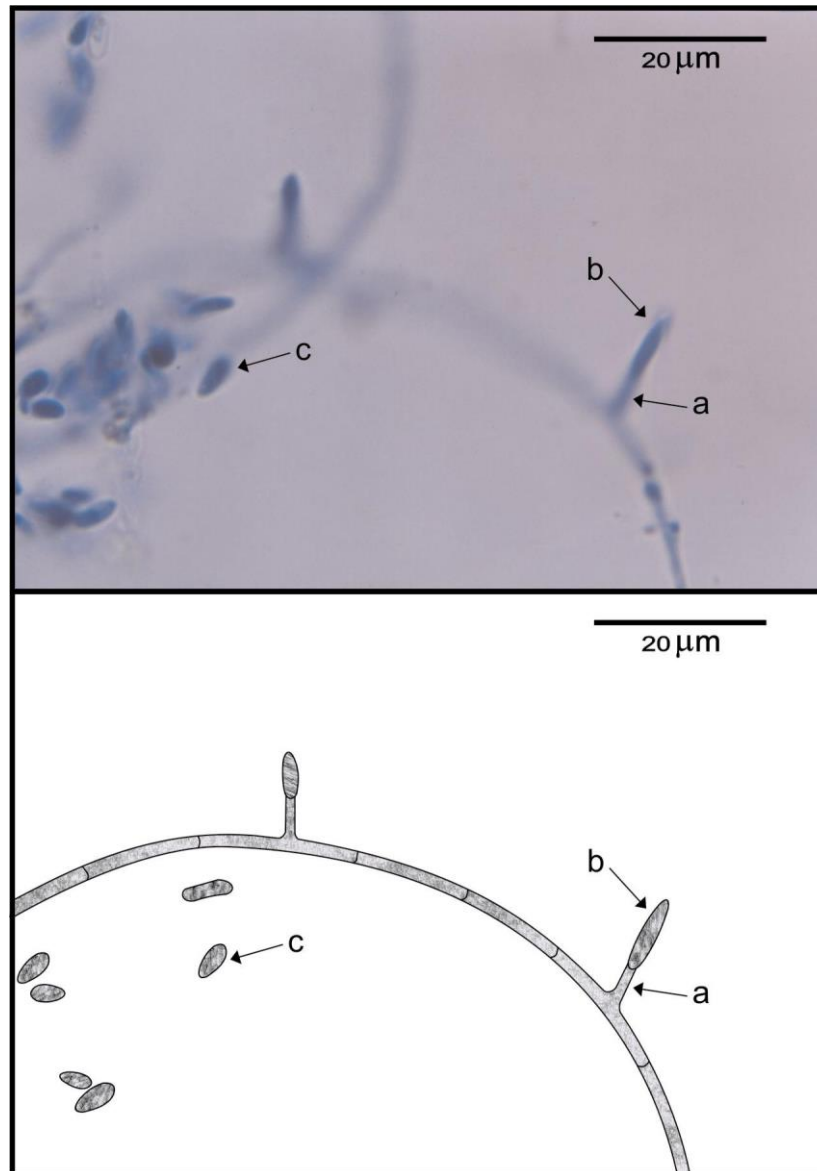


Gambar 3. Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dari berbagai kultivar dan daerah sentra produksi bawang merah

Morfologi mikroskopik *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* hasil isolasi dari jaringan tanaman bawang merah bergejala moler tampak pada Gambar 4 dan 5. *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* membentuk mikrokonidium, makrokonidium, dan kladospora. Mikrokonidium berbentuk elip atau bulat panjang, satu sel, dibentuk pada monofialid dalam susunan seperti bulatan tidak dalam rangkaian (*false head*), jumlahnya banyak. Makrokonidium berbentuk seperti kano, mempunyai 3 septa, dengan dinding tipis, sel bagian apikal melengkung dengan kait yang ramping, sel bagian basal membentuk sel seperti kaki, $25\text{--}30 \times 4,0\text{--}4,5 \mu\text{m}$. Kladospora berdinding tebal dan halus, dibentuk secara interkalar atau terminal pada cabang lateral pendek dari miselium.



Gambar 4. Morfologi makrokonidium, mikrokonidium, dan kladidospora *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*
 (a) makrokonidium
 (b) mikrokonidium
 (c) kladidospora



Gambar 5. Pembentukan mikrokonidium *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* pada monofialid
 a. monofialid
 b. mikrokonodium yang baru dibentuk tidak dalam rantaian
 c. mikrokonidium yang sudah lepas

Hasil pengamatan di atas, sesuai dengan morfologi *F. oxysporum* yang dijelaskan oleh Booth (1971), Joffe (1986), dan Leslie & Summerell (2006), yaitu spesies ini hifanya bersekat, mempunyai mikrokonidium dan

makrokonidium. Mikrokonidium berbentuk bulat panjang, satu atau dua sel, tidak dalam rantai, dibentuk di fialid sederhana atau konidiofor lateral yang pendek, dan jumlahnya relatif banyak. Makrokonidium berbentuk kano, berdinding tipis terdiri atas beberapa sel, mempunyai sel kaki, dibentuk pada miselium udara atau sporodokium, $30-45 \times 3,5-4,5$ μm . Klamidospora dibentuk secara interkalar atau terminal pada cabang lateral pendek dari miselium, tunggal atau berpasang-pasangan, dan dinding klamidospora halus atau kasar.

F. oxysporum diidentifikasi berdasarkan morfologi struktur reproduksi aseksual, namun variasi banyak terjadi pada sifat struktur tersebut. Jamur ini dimasukkan dalam seksi *Elegans*, pemisahan secara morfologis dalam seksi ini sangat sedikit perbedaannya dan ciri-cirinya sangat bervariasi tergantung lingkungan. Selain itu, kekhususan inang dari setiap isolat sangat terbatas, isolat-isolat dengan kisaran inang yang sama atau mirip ditetapkan sebagai suatu *forma specialis* (Kistler, 1997).

F. oxysporum f.sp. *cepae* terpenetrasi luas dalam tanah dan pada bahan organik, serta banyak terdapat di lahan pertanian di daerah tropika dan sub tropika. Sebagai jamur terbawa tanah, jamur ini mampu membentuk klamidospora sehingga dapat bertahan lama di dalam tanah. *F. oxysporum* f.sp. *cepae* diketahui sebagai patogen terbawa tanah yang sukar dikendalikan (Joffe, 1986; Hadisoeganda *et al.*, 1995; Havey, 1995).

F. oxysporum f.sp. *cepae* yang menyerang bawang-bawangan menginfeksi jaringan tanaman melalui penetrasi langsung ke bagian cakram umbi lapis, atau melalui luka-luka pada jaringan akar dan bagian dasar umbi lapis. Jamur tersebut menyebar melalui tanah yang mengandung propagul yang menempel pada peralatan tanam, sisa-sisa tanaman terinfeksi, umbi benih terinfeksi, atau aliran air (Cramer, 2006; Jepson, 2007).

IV. PENGARUH FAKTOR LINGKUNGAN TERHADAP DAUR HIDUP PATOGEN DAN EPIDEMI PENYAKIT

1. Pengaruh Faktor Lingkungan terhadap Daur Hidup Patogen

Lingkungan merupakan faktor utama yang mempengaruhi perkembangan penyakit. Seringkali tanaman inang rentan disertai patogen virulen terdapat di suatu tempat tertentu, namun penyakit yang serius tidak terjadi karena lingkungan tidak mendukung perkembangan penyakit (Keane & Kerr, 1997).

Larkin & Fravel (2002) menyatakan bahwa kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, cahaya matahari, serta sifat fisika dan kimia tanah sangat mempengaruhi fisiologi tanaman inang yang kemudian berpengaruh terhadap perkembangan penyakit.

Ketersediaan air adalah faktor lingkungan paling penting yang mempengaruhi perkembangan penyakit. Ketersediaan air meliputi hujan baik lama maupun intensitasnya, kelembapan relatif, embun, dan kebasahan daun baik lama maupun intensitasnya. Pengaruh curah hujan dan air yang mengalir merupakan faktor penting dalam penyebaran propagul patogen (Harrison *et al.*, 1994).

Suhu dan kelembapan udara merupakan elemen yang penting dalam ekologi mikroorganisme yang berada pada bagian tanaman di atas tanah, khususnya di sekitar permukaan tanaman pada tempat-tempat terjadinya infeksi. Namun, untuk patogen terbawa tanah lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tanah seperti suhu dan kelembapan tanah, pH tanah, kandungan nutrisi, dan bahan organik tanah (Harrison *et al.*, 1994 ; Keane & Kerr, 1997).

Hartel (2005) menjelaskan bahwa suhu tanah sangat mempengaruhi laju proses-proses biologi, fisika, dan kimia di dalam tanah. Pada kisaran terbatas, laju reaksi-reaksi kimia dan proses-proses biologi dilipatgandakan untuk setiap kenaikan suhu sebesar 10°C. Suhu tanah berkaitan sangat erat dengan kelembapan tanah. Air mempunyai panas khusus yang tinggi, dibutuhkan sejumlah energi untuk menaikkan suhu 1 cm³ air sebesar 1°C. Apabila air ditambahkan ke dalam tanah, panas khusus dari air dan kepadatan tanah yang tinggi berkombinasi memicu perubahan suhu tanah yang cepat. Chakraborty & Pangga (2004) menyatakan bahwa suhu tinggi yang menyebabkan peningkatan jumlah panas di atas ambang kritis dapat mempengaruhi fisiologi tanaman dan mematahkan gen-gen ketahanan yang sensitif terhadap panas pada beberapa tanaman.

Fusarium oxysporum yang mampu menyerang berbagai tanaman dapat tumbuh pada kisaran suhu 10–40°C, dengan suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 27–29°C. *F. oxysporum* f.sp *cepae* yang menyerang bawang bombay pada medium padat mempunyai kisaran suhu 9–35°C, dengan suhu optimum 24–27°C. Di lahan pertanian bawang bombay, suhu tanah merupakan faktor penting yang mempengaruhi aktivitas *F. oxysporum* f.sp *cepae* serta tipe gejala dan kejadian penyakit. Pada umumnya tanaman mulai terinfeksi bila suhu tanah mendekati 25°C. Kejadian penyakit meningkat bila terjadi kerusakan jaringan tanaman karena suhu tinggi dan kekeringan (Rabinowitch & Brewster, 1990; Larkin & Fravel, 2002).

Menurut Rabinowitch & Brewster (1990), kejadian busuk basal *Fusarium* meningkat bila frekuensi penanaman bawang bombay tinggi. Oleh karena itu rotasi selama 3 tahun atau lebih telah direkomendasikan. Peningkatan kejadian penyakit diduga karena meningkatnya jumlah kladospora yang dibentuk dari hifa atau makrokonidium di daerah perakaran atau di dalam jaringan inang yang terinfeksi. Benih tanaman

yang terinfeksi meskipun tidak menunjukkan gejala, merupakan sumber dan bahan pemencaran yang potensial, begitu juga tanah yang menempel diduga mengandung konidium *Fusarium*. Dilaporkan pula, jamur *Fusarium oxysporum* dapat terbawa benih. Klamidospora dan hifa yang dorman yang berada pada jaringan tanaman yang mati dan di tanah, bertahan dari musim ke musim dan merupakan sumber inokulum bagi pertanaman berikutnya.

Penekanan secara alami penyakit tanaman karena *Fusarium* terjadi di banyak jenis tanah. Penekanan tersebut umumnya berhubungan dengan sifat fisika dan kimia tanah, seperti pH, kandungan lempung, dan kandungan bahan organik (Larkin & Fravel, 2002).

Metting (1993) dan Hartel (2005) menyatakan bahwa sebagian besar jamur toleran terhadap asam dan umumnya ditemukan di tanah-tanah yang bersifat masam dengan pH 5,5 ke bawah. Tanah-tanah masam biasanya terjadi ketika air hujan cukup untuk menyebabkan senyawa-senyawa basa tercuci dari tanah; ketika curah hujan tidak cukup mencuci senyawa-senyawa basa, maka tanah biasanya bersifat basa.

Penyakit moler terutama berkembang pada musim hujan dengan kondisi lingkungan yang lembap dan intensitas sinar matahari yang rendah. Penyakit juga banyak ditemukan di daerah-daerah yang mempunyai jenis tanah berat, juga pada lahan yang selalu ditanami bawang merah dengan benih yang berasal dari pertanaman sebelumnya yang menunjukkan gejala penyakit moler (Wiyatiningsih, 2007). Menurut Hartel (2005), jenis tanah dengan tekstur lempung berat umumnya mempunyai jumlah pori mikro tanah yang lebih banyak dibandingkan pori makro, yang menyebabkan pergerakan air dan gas di dalam tanah lebih lambat.

Jenis tanah Regosol umumnya mengandung bahan yang belum atau masih baru mengalami pelapukan, dengan tekstur kasar atau pasiran,

struktur kersai atau remah, pH 6,0-7,0, porositas tinggi, belum membentuk agregat. Jenis tanah Aluvial merupakan tanah-tanah endapan meliputi lahan yang sering atau baru saja mengalami banjir, sifat bahan-bahannya tergantung pada kekuatan banjir dan serta macam bahan yang diangkut. Jenis tanah Vertisol merupakan tanah lempung berwarna kelam yang bersifat fisik berat, struktur lapisan atas granuler, terdiri atas bahan-bahan yang sudah mengalami pelapukan, mengandung kapur, pH 6,0-8,2 (Darmawijaya, 1980).

Wiyatiningsih (2007) melaporkan, petani di berbagai daerah sentra produksi, ada yang sepanjang tahun menanam bawang merah, namun ada pula yang melakukan pergiliran dengan komoditas lain seperti cabai, tomat, melon, atau padi. Penyakit moler lebih banyak ditemukan di lahan yang sepanjang musim ditanami bawang merah, tanpa pergiliran tanaman. Penyakit ini juga banyak ditemukan di lahan yang dilakukan pergiliran dengan cabai, tomat, dan melon, dan lebih sedikit ditemukan pada lahan yang dilakukan pergiliran dengan padi.

Terdapat beberapa patogen terbawa tanah yang berhasil dikendalikan dengan perendaman tanah, misalnya *Fusarium cubense* penyebab penyakit layu pada pisang di Amerika Tengah. Namun penyebab kematian patogen sebagai akibat perendaman itu disebabkan kekurangan oksigen, keracunan asam arang, atau karena menjadi lebih efektifnya antagonisme, belum diketahui dengan pasti (Semangun, 1996). Menurut Rao (1994), jamur tanah umumnya bersifat aerobik, dan dapat tumbuh dengan baik di tanah yang ketersediaan oksigennya cukup untuk respirasi.

2. Epidemi Penyakit Tanaman

Menurut Zadoks dan Schein (1979), epidemi penyakit tanaman adalah meningkatnya penyakit tanaman dengan hebat pada waktu dan wilayah tertentu dalam satu populasi tanaman. Epidemi merupakan proses

biologi yang berlangsung pada suatu laju yang dapat ditentukan. Proses tersebut mulai menjadi intensif, sampai akhirnya berhenti, yang mungkin sampai mengganggu dan melampaui ambang ekonomi. Semakin tinggi laju infeksi maka semakin pendek periode perkembangan penyakit yang berarti semakin cepat terjadi epidemi penyakit.

Van der Plank (1963) menyatakan bahwa besarnya laju infeksi ditentukan oleh jumlah inokulum, proporsi dari unit pemencaran yang mengawali infeksi, panjang periode laten, dan panjang periode infeksi. Namun, keempat hal tersebut dipengaruhi oleh variasi dari inang, patogen, dan lingkungan.

Suatu epidemi penyakit tanaman tidak berkembang di dalam populasi yang hanya terdiri atas tanaman-tanaman tahan, epidemi tertunda pada populasi yang terdiri atas tanaman-tanaman yang mempunyai ketahanan sebagian, dan epidemi berkembang tanpa hambatan pada populasi yang hanya terdiri atas tanaman-tanaman rentan (Frantzen, 2000).

Sampai saat ini kultivar bawang merah di Indonesia jumlahnya cukup banyak, bahkan seolah-olah telah menjadi tanaman lokal yang berkembang di berbagai daerah. Beberapa kultivar tersebut di antaranya adalah Pilip, Bauji, Tiron, Probolinggo, Maja, Biru, Ampenan, Kuning, Bima, dan Kramat. Untuk membedakan jenis bawang merah yang satu dengan yang lain dan untuk menentukan jenis unggul biasanya didasarkan pada bentuk, ukuran, warna, kekenyalan, aroma dan rasa umbi lapis. Selain itu juga didasarkan pada umur panen, produksi, ketahanan terhadap hujan atau kekeringan, ketahanan dalam penyimpanan dan ketahanan terhadap penyakit (Putrasamedja & Permadi, 2001).

Beberapa kultivar bawang merah seperti yang disebutkan di atas pada umumnya belum diketahui ketahanannya terhadap *Fusarium*, kecuali

kultivar Kramat dan Bauji diketahui agak tahan terhadap serangan *Fusarium*. (Putrasamedja & Permadi, 2001; Anonim, 2004).

Fehr (1987) menyatakan bahwa kultivar unggul biasanya mempunyai sifat agronomi unggul seperti potensi produksinya tinggi. Namun, biasanya sifat ketahanan terhadap suatu penyakitnya rendah. Hal tersebut disebabkan oleh gen pengatur potensi produksi terdapat pada satu lokus yang sama dengan gen pengatur ketahanan terhadap patogen. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa kondisi lingkungan akan mempengaruhi kedua sifat tersebut, karena sifat ketahanan merupakan pengaruh bersama gen-gen yang mengendalikan yang dimiliki oleh suatu tanaman dan interaksinya dengan lingkungan.

Jika suatu inang mempunyai genotip dengan tipe-tipe reaksi terhadap infeksi patogen dalam kisaran berurutan dari kerentanan sampai ketahanan sebagian, efek tersebut dinamakan ketahanan kuantitatif. Ketahanan kuantitatif tidak menghambat proses infeksi secara lengkap dan membiarkan produksi inokulum, tetapi produksi inokulumnya tertunda yang berarti periode latennya lebih lama atau mungkin dikurangi, sehingga epidemi tertunda atau terjadi penurunan tingkat keparahan penyakit dalam populasi. Jika reaksi inang berupa ketahanan penuh, efek tersebut dinamakan ketahanan kualitatif. Ketahanan kualitatif menghambat proses infeksi dan mencegah produksi inokulum untuk perkembangan epidemi. Istilah ketahanan kuantitatif dan ketahanan kualitatif digunakan dalam epidemiologi karena sesuai untuk mendiskripsikan proses pada aras populasi (Frantzen, 2000).

Informasi yang penting khususnya mengenai sumber inokulum patogen atau sifat dari vektor dapat diperoleh dengan cara mempelajari agihan tanaman sakit di dalam suatu populasi tanaman di lapang. Terdapat 6 pola agihan tanaman sakit yang dijumpai di lapang, yaitu 1) acak (*random*) apabila disebabkan oleh patogen terbawa biji (*seed-borne*),

udara (*air-borne*), atau serangga (*insect-borne*), 2) agregasi (*agregation*) apabila disebabkan oleh patogen terbawa biji (*seed-borne*) atau disebarkan oleh aphid, 3) merata atau teratur (*regular*) apabila disebabkan oleh patogen yang telah menginfeksi bahan perbanyakan tanaman secara vegetatif, 4) mengelompok dengan batas tegas (*patch*) merupakan karakteristik penyakit tanaman terbawa tanah (*soil-borne*), 5) gradasi rata (*flat gradient*) apabila disebabkan oleh patogen terbawa serangga yang bisa terbang jauh (*flying insect-borne*), dan 6) gradasi tajam (*steep gradient*) apabila disebabkan patogen yang disebarkan oleh aphid (Brown, 1997).

Penyakit-penyakit tanaman yang serangan patogennya melalui akar menimbulkan tantangan dalam pengelolaan penyakit yang efektif, karena inokulum awal sudah ada di dalam tanah sebelum awal pertumbuhan tanaman inang atau dapat juga diintroduksi oleh tanaman inang. Data mengenai jumlah inokulum di dalam tanah sangat penting dalam mempelajari epidemiologi penyakit-penyakit tanaman yang serangan patogennya melalui akar (Campbell & Neher, 1996).

Pengembangan model-model untuk memprediksi penyakit yang disebabkan oleh patogen terbawa tanah membutuhkan pengetahuan tambahan tentang pengaruh dari nutrisi tanah, aktivitas mikroorganisme tanah, air tanah dan hubungannya dengan curah hujan, serta interaksi dari faktor-faktor tersebut. Penyusunan beberapa faktor tersebut dan interaksinya sangat tergantung pada jenis tanah (Roger, 2001).

Upaya pengendalian penyakit terbawa tanah melalui sanitasi, pergiliran tanaman, dan penggunaan fungisida sulit dilaksanakan pada kondisi lapang di daerah endemik, sehingga alternatif pengendalian yang diharapkan dapat dikembangkan adalah penggunaan kultivar tahan (Korlina & Baswarsiati, 1995).

Pada umumnya penyakit-penyakit dikelola dengan menghilangkan atau mengurangi sumber penular, menurunkan kecepatan penularan atau laju infeksi, dan mengurangi lama penyakit berkembang. Secara epidemiologi diusahakan agar X_0 (populasi patogen pada permulaan), r (laju infeksi), dan t (waktu berkembangnya penyakit) dalam rumus epidemiologi van der Plank ditekan sekecil-kecilnya (Semangun, 1993).

Langkah-langkah untuk menekan X_0 antara lain melalui rotasi, pemilihan saat tanam, sanitasi, pemangkasan bagian tanaman yang sakit, perawatan benih, penggunaan varietas tanaman yang mempunyai ketahanan vertikal, proteksi silang, dan karantina. Sedangkan r dapat ditekan misalnya dengan mengubah cara bertanam, mengubah lingkungan, penggunaan fungisida, memberantas vektor serangga, pemupukan yang tepat, pengendalian biologi, dan dengan ketahanan horisontal. Pada batas-batas tertentu t ditekan dengan menanam jenis yang masak awal atau memajukan saat penanaman (Zadoks & Schein, 1979 ; Oka 1993).

V. PERKEMBANGAN DAN AGIHAN PENYAKIT MOLER DI TIGA DAERAH SENTRA PRODUKSI BAWANG MERAH

1. Pengamatan Perkembangan dan Agihan Penyakit Moler

Data perkembangan dan agihan penyakit moler dari berbagai kultivar bawang merah di tingkat pertanaman diperoleh dengan cara survei atau pengamatan langsung ke lahan, dan wawancara dengan petani serta PHP.

a. Survei. Survei dilakukan di Kecamatan Sanden, Kretek, dan Srandakan Kabupaten Bantul, Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes, dan Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk, pada musim hujan dan musim kemarau tahun 2005/2006. Pertanaman yang disurvei dikelompokkan dengan indikator keragamannya karena perbedaan dalam jenis lahan, pola pergiliran tanaman, dan kultivar tanaman, kemudian dipilih secara acak terlampas dengan satuan penarikan contoh utama adalah petak lahan dan satuan penarikan contoh kedua adalah sub petak. Dalam setiap sub petak lahan jumlah tanaman yang digunakan sebagai contoh sebanyak 100 tanaman (Gomez & Gomez, 1984).

Survei dilakukan untuk mengetahui:

- 1) Gejala penyakit moler dan jamur penyebabnya. Gejala penyakit moler diamati pada tanaman sakit stadium awal, tengah, dan lanjut dari pertanaman yang lahannya diambil sebagai sampel dalam survei. Untuk mengetahui jamur penyebabnya dilakukan pencabutan tanaman sakit, membersihkannya, kemudian membawanya ke laboratorium dalam keadaan segar untuk diisolasi jamurnya.

- 2) Intensitas penyakit. Berdasarkan gejala penyakit moler yang bersifat sistemik, maka intensitas penyakit (I) dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan :

I: Intensitas penyakit

a: Jumlah tanaman sakit

b: Jumlah tanaman seluruhnya

Untuk menilai berat ringannya intensitas penyakit (pada pengelolaan lapangan) digunakan skala menurut Anonim (2004) sebagai berikut:

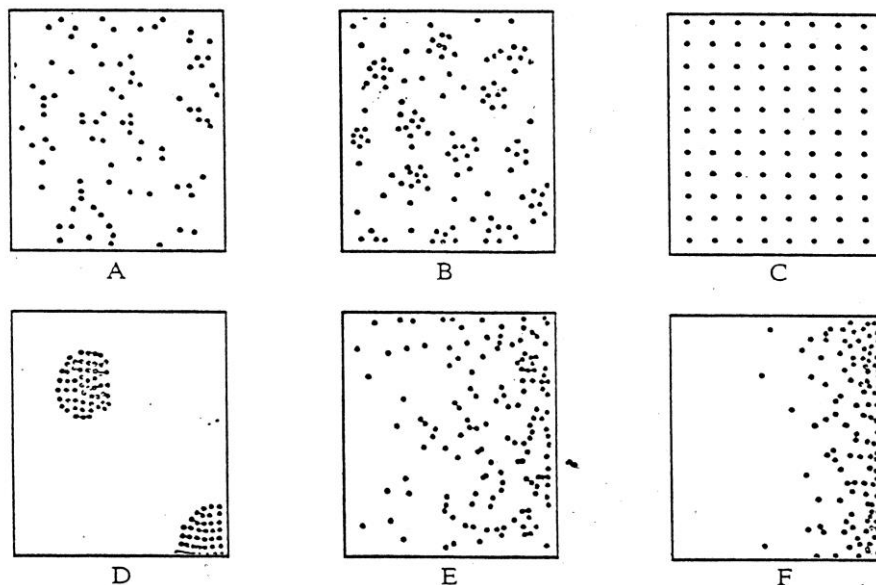
Serangan ringan : bila derajat intensitas penyakit $\leq 25\%$

Serangan sedang : bila derajat intensitas penyakit
 $> 25\% - \leq 50\%$

Serangan berat : bila derajat intensitas penyakit
 $> 50\% - \leq 90\%$

Serangan puso (gagal): bila derajat intensitas penyakit $> 90\%$

- 3) Agihan (*distribution*) penyakit moler. Pola agihan penyakit moler di lapang diambil gambarnya menggunakan kamera *Yashica EZ5 Zoom 70*. Pola agihan penyakit ditentukan dengan cara mengamati dan membandingkannya dengan pola agihan penyakit tanaman menurut Brown (1997) seperti yang tertera pada Gambar 6.



Gambar 6. Pola agihan penyakit tanaman di lapang (menurut Brown (1997)), A: acak (*random*), B: agregasi (*agregation*), C: merata atau teratur (*regular*), D: mengelompok dengan batas tegas (*patch*), E: gradasi rata (*flat gradient*), F: gradasi tajam (*steep gradient*)

b. Wawancara dengan petani dan PHP. Wawancara dengan petani dilakukan untuk mengetahui cara petani bercocok tanam bawang merah, kultivar bawang merah yang ditanam, umur tanaman saat terlihat adanya gejala moler, asal benih, jenis pupuk dan dosis yang digunakan, serta jenis pestisida dan dosis yang digunakan. Wawancara dengan PHP dilakukan untuk mengetahui kondisi pertanaman bawang merah khususnya mengenai penyakit moler. Petani yang diwawancarai adalah petani yang lahannya telah ditetapkan sebagai tapak yang digunakan dalam pengamatan. Jumlah responden seluruhnya 180 orang. Pelaksanaan wawancara dengan petani dilakukan sebelum pelaksanaan survei, selama musim tanam bawang merah. Wawancara dilakukan dengan

cara menyebarkan formulir materi wawancara melalui PHP atau ketua kelompok tani, satu minggu kemudian bersama dengan PHP mendatangi petani yang sedang berada di lahan atau di rumahnya, untuk meminta mereka mengisi dan atau melengkapi isian formulir.

2. Luas serangan, Intensitas, dan Agihan Penyakit

Hasil survei lapangan, wawancara dengan petani dan PHP, serta pengambilan data sekunder di Kantor Cabang Dinas Pertanian dan Balai Penyuluhan Pertanian Kecamatan mengenai perkembangan dan agihan penyakit moler, yang dilakukan di 3 daerah sentra produksi bawang merah juga tertera dalam Lampiran 1.

Daerah sentra produksi bawang merah yang disurvei adalah Kecamatan Sanden, Kretek, dan Srandakan Kabupaten Bantul, Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes, serta Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk. Dari Lampiran 1 dapat diketahui, bahwa setiap daerah mempunyai jenis tanah, pola pergiliran tanaman, iklim dan kultivar yang digunakan berbeda.

Penyakit moler terdapat di semua daerah yang disurvei khususnya pada musim hujan, dengan persentase luas serangan dan rerata intensitas penyakit yang bervariasi, namun agihan penyakitnya sama yaitu mengelompok. Variasi dalam persentase luas serangan dan rerata intensitas penyakit diduga karena perbedaan jenis tanah, pola pergiliran tanaman, iklim, dan kultivar yang digunakan.

Penyakit moler ditemukan di semua daerah sentra produksi bawang merah pada musim hujan dengan intensitas penyakit bervariasi 13,75 – 30,00%, sebaliknya pada musim kemarau penyakit hanya ditemukan di lahan pasir Kecamatan Sanden Bantul, Kecamatan Sukomoro Nganjuk, dan Kecamatan Larangan Brebes dengan rerata intensitas penyakit 0,75 –

15,00% (Tabel 3). Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di musim hujan mempengaruhi perkembangan penyakit moler. Menurut Harrison *et al.* (1994), ketersediaan air adalah faktor lingkungan paling penting yang mempengaruhi perkembangan penyakit. Pengaruh curah hujan dan air yang mengalir merupakan faktor penting dalam penyebaran propagul patogen.

Tabel 3. Intensitas Penyakit Moler pada Bawang Merah pada Musim Hujan dan Kemarau di Beberapa Lahan Pengamatan

Lahan	Jenis tanah	Pola pergiliran	Intensitas penyakit (%)	
			Musim hujan	Musim kemarau
Pasir Sanden Bantul	Regosol	Pola A	25,75	3,92
Sawah Sanden Bantul	Regosol	Pola B	25,00	0,00
Sawah Kretek Bantul	Regosol	Pola B	21,00	0,00
Sawah Srandakan Bantul	Regosol	Pola B	28,00	0,00
Sawah Larangan Brebes	Aluvial	Pola C1	13,75	0,75
Sawah Sukomoro Nganjuk	Vertisol	Pola D1	18,00	11,00
Sawah Sukomoro Nganjuk	Vertisol	Pola D3	30,00	15,00
Rerata Intensitas penyakit moler (%)			23,07	4,38

Keterangan:

Pola A : Semangka/Sayuran lain-Bawang Merah-Bawang Merah-Cabai-Bawang Merah

Pola B : Padi-Bawang Merah-Cabai-Bawang Merah

Pola C1: Bawang Merah-Padi-Bawang Merah-Cabai

Pola D1: Bawang Merah-Padi-Padi-Bawang Merah

Pola D3: Bawang Merah-Sayuran lain/Melon-Bawang Merah-Bawang Merah

Pada musim kemarau penyakit moler tidak berkembang di lahan sawah yang jenis tanahnya Regosol, hal ini karena jenis tanah Regosol dan kondisi cuaca musim kemarau yang ada di Kabupaten Bantul, kurang mendukung untuk perkembangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Jenis tanah Regosol umumnya mempunyai porositas tinggi, kurang mampu

menahan air, sehingga mudah kering. Namun, di lahan pasir Sanden Bantul yang memiliki jenis tanah Regosol, pada musim kemarau pun penyakit moler selalu ada dengan intensitas rendah. Menurut petani intensitas penyakit moler di lahan pasir meningkat cukup tinggi dalam 2 tahun terakhir. Hal ini diduga karena penanaman bawang merah di lahan pasir dilakukan dengan frekuensi tinggi yaitu 3 kali dalam setahun dan hanya digilir dengan semangka atau sayuran lainnya (pergiliran tanaman Pola A), kondisi ini menyebabkan semakin banyaknya sisa-sisa tanaman sakit di dalam tanah. Selain itu, penggunaan mulsa dan pupuk organik yang berlebihan, menyebabkan kondisi lingkungan di dalam tanah lahan pasir lebih mendukung untuk kehidupan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Menurut Bockus & Shroyer (1998), adanya sisa-sisa tanaman di dalam tanah dapat mendukung kehidupan patogen dengan cara menurunkan suhu, meningkatkan kelembapan, dan menjadi tempat bertahan hidup.

Intensitas penyakit tertinggi pada musim hujan 30,00% dan musim kemarau 15,00% terdapat di lahan pertanaman di Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk. Lahan tersebut berupa lahan sawah yang berjenis tanah Vertisol dan tidak pernah dilakukan pergiliran dengan padi hanya digilir dengan sayuran lain. Hal ini diduga ada hubungannya dengan perlakuan penggenangan sawah dengan air untuk menanam padi yang akan menurunkan kemampuan hidup jamur *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, penyebab penyakit moler di dalam tanah. Kondisi ini sesuai dengan upaya pengendalian jamur terbawa tanah *Fusarium cubense* penyebab penyakit layu pada pisang di Amerika Tengah yang berhasil dikendalikan dengan penggenangan lahan (Semangun, 1996).

Jenis tanah Vertisol merupakan tanah berat yang bertekstur lempung dengan koefisien pemuatan dan pengkerutan yang tinggi jika kadar airnya berubah, sehingga kedap air atau liat apabila basah, tetapi tampak pecah-pecah apabila kering (Darmawijaya, 1980). Kondisi ini

menyebabkan tanah tersebut kurang sesuai untuk pertumbuhan tanaman bawang merah, dan dapat menyebabkan luka pada bagian tanaman yang berada di dalam tanah, sehingga mudah terserang patogen.

Intensitas terendah pada musim hujan sebesar 13,75% terjadi di pertanaman di Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes. Hal ini dikarenakan lahan pertanaman di daerah tersebut umumnya ditanami bawang merah yang digilir dengan padi, sehingga dapat menurunkan kemampuan hidup *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler. Selain itu lahan bawang merah di daerah Brebes umumnya memiliki jenis tanah Aluvial yaitu jenis tanah endapan bekas banjir, sehingga merupakan tanah yang subur. Kondisi ini menyebabkan tanaman bawang merah dapat tumbuh dengan baik di daerah tersebut.

Kultivar yang ditanam umumnya disesuaikan dengan kemampuan produksi, ketahanan kultivar, dan musim yang sedang berlangsung dengan tujuan untuk menekan perkembangan penyakit, tetapi tidak semua petani memilih kultivar yang ditanam sesuai dengan ketahanan kultivar dan musim yang sedang berlangsung. Masih banyak petani yang melakukan pemilihan kultivar hanya berdasar tingginya produksi.

Di Kabupaten Bantul pada musim hujan petani pada umumnya menanam kultivar Tiron, dan pada musim kemarau menanam kultivar Biru dan Pilip. Di Kabupaten Nganjuk pada musim hujan petani lebih banyak menanam kultivar Bauji, dan pada musim kemarau menanam Pilip. Kultivar Tiron dan Bauji diduga tahan terhadap moler namun produksinya rendah, sedangkan Biru dan Pilip tidak tahan moler tetapi kuantitas hasilnya lebih tinggi. Namun demikian, hasil dalam Lampiran 1 menunjukkan bahwa pada musim hujan masih banyak petani di Bantul dan Nganjuk yang menanam kultivar Biru dan

Pilip, sehingga penyakit moler hampir selalu ada terutama pada musim hujan dengan luas serangan dan intensitas penyakit yang cukup tinggi.

Tabel 4. Intensitas Penyakit Moler pada 6 Kultivar Bawang Merah di Bantul, Brebes, dan Nganjuk pada Musim Hujan dan Musim Kemarau

Kultivar	Intensitas penyakit (%)	
	Musim hujan	Musim kemarau
Pilip	33,29	4,92
Bauji	18,00	- *)
Tiron	9,94	0,31
Biru	30,19	1,75
Kuning	6,00	0,50
Bima	21,50	1,00
Rerata	19,82	1,70

Keterangan: *) tidak ditanam pada musim kemarau

Tabel 4 memperlihatkan, intensitas penyakit moler tertinggi 33,29% terjadi pada kultivar Pilip yang ditanam pada musim hujan, dan terendah 0,31% pada kultivar Tiron yang ditanam pada musim kemarau. Kultivar Pilip dapat memproduksi umbi hingga 17,60 ton/ha, tetapi ditetapkan untuk kultivar dataran rendah musim kemarau. Belum diketahui ketahanan kultivar tersebut terhadap hujan dan penyakit moler, sehingga tidak dianjurkan ditanam pada musim hujan. Dari hasil wawancara dengan petani dan PHP, sebenarnya petani sudah mengetahui bahwa kultivar Pilip tidak tahan hujan dan penyakit moler, namun karena produksinya tinggi masih banyak petani yang tetap menanam kultivar tersebut pada musim hujan.

Kultivar Tiron diketahui tahan terhadap hujan dan dianjurkan untuk ditanam pada musim penghujan, namun belum diketahui ketahanannya terhadap penyakit moler. Hasil survei menunjukkan, intensitas penyakit moler pada kultivar tersebut pada musim hujan relatif rendah hanya 9,94%. Dari hasil tersebut dapat dikemukakan bahwa kultivar Tiron lebih tahan terhadap penyakit moler.

Kultivar Bauji yang biasa ditanam di daerah Nganjuk, tidak ditanam oleh petani pada musim kemarau tahun 2005, sehingga tidak ada data penyakit moler pada kultivar tersebut. Sesuai dengan deskripsinya, kultivar Bauji ditetapkan sebagai kultivar yang agak tahan terhadap *Fusarium*, dan dianjurkan untuk ditanam pada musim hujan. Dengan demikian tidak ada petani yang menanam kultivar tersebut pada musim kemarau. Intensitas penyakit moler pada kultivar Bauji pada musim hujan sebesar 18,00% masih termasuk kategori ringan.



Gambar 7. Kerusakan tanaman bawang merah karena penyakit moler dengan agihan mengelompok di lahan sawah Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk

Hasil pengamatan agihan penyakit di pertanaman menunjukkan, bahwa penyakit moler mempunyai agihan mengelompok dengan batas tegas seperti disajikan pada Gambar 7. Menurut Kerr (1980) dan Brown (1997), agihan penyakit seperti tersebut merupakan karakteristik penyakit tanaman yang disebabkan oleh patogen terbawa tanah. Brown (1997) juga menjelaskan, bahwa apabila tanah masih tetap infeksi setelah tanah berada pada kondisi kering, maka dapat diduga patogennya adalah jamur tanah, karena jamur tanah umumnya mampu membentuk struktur tahan ketika kondisi kering.

VI. EPIDEMI PENYAKIT MOLER PADA BAWANG MERAH

1. Pengamatan Epidemi Penyakit Moler

Kajian epidemi penyakit moler di lahan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara periode inkubasi, intensitas dan laju infeksi penyakit pada saat terjadinya epidemi penyakit moler dengan hasil umbi lapis berbagai kultivar bawang merah pada jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan cuaca musim hujan dan kemarau yang berbeda. Pada kajian ini yang diamati adalah cuaca bukan iklim, karena data anasir-anasirnya seperti suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, dan curah hujan merupakan data harian. Kajian ini dilakukan dengan cara menanam beberapa kultivar bawang merah di lahan yang jenis tanah dan pola pergiliran tanamannya berbeda yaitu di lahan pasir dan lahan sawah Bantul, lahan sawah Brebes, serta lahan sawah Nganjuk. Percobaan dilakukan pada musim hujan dan musim kemarau. Pada kajian ini inokulasi dilakukan secara alami, yaitu dengan menggunakan lahan yang telah diketahui mempunyai intensitas penyakit moler yang tinggi berdasarkan hasil survei sebelumnya di 3 daerah tersebut.

Percobaan dalam kajian epidemi penyakit moler menggunakan rancangan bujur sangkar latin faktor tunggal dengan enam kultivar bawang merah yang diuji, masing-masing diulangi 6 kali. Kultivar-kultivar yang diuji adalah Pilip (Pl), Bauji (Bj), Tiron (Tr), Biru (Br), Kuning (Kn) dan Bima (Bm). Masing-masing ulangan ditempatkan pada satu petak yang terdiri atas 100 tanaman dengan jarak tanam 20 x 20 cm. Lahan yang digunakan dalam kajian ini adalah:

- a. Lahan pasir yang terletak di Desa Tegalrejo Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul, dengan ketinggian tempat 10 m dpl. Lahan ini memiliki jenis tanah Regosol bukit pasir dengan kelas tekstur pasir (96,48% pasir; 2,51% lempung; 1,01% debu), pH: 6,6, kadar lengas: 0,50%, kandungan bahan organik: 0,61%, dan porositas total tanah: 51,97%. Pola pergiliran tanamannya yaitu: Semangka/Sayuran lain-Bawang Merah-Bawang Merah yang ditumpangsari Cabai-Bawang Merah (Pola A). Sayuran lain yang dimaksud adalah kacang panjang, labu siam, dan terung. Percobaan dilakukan pada musim hujan (MH) dan musim kemarau (MK), masing-masing pada tanggal 23 Februari sampai dengan 23 April 2005, dan 1 Juli sampai dengan 29 Agustus 2005.
- b. Lahan sawah yang berada di Desa Soge Kecamatan Sanden, Kabupaten Bantul, dengan ketinggian tempat 40 m dpl. Lahan ini berjenis tanah Regosol *Recent Deposits* dengan kelas tekstur lempung (57,03% lempung; 29,21% debu; 13,76% pasir), pH: 6,3, kadar lengas: 10,04%, kandungan bahan organik: 1,77%, dan porositas total tanah: 42,78%. Pola pergiliran tanamannya yaitu: Padi-Bawang Merah ditumpangsari dengan Cabai-Bawang Merah (Pola B). Percobaan dilakukan pada musim hujan (MH) tanggal 10 Maret sampai dengan 8 Mei 2005, dan musim kemarau (MK) 25 Juli sampai dengan 22 September 2005.
- c. Lahan sawah yang terdapat di Desa Larangan Kecamatan Larangan, Kabupaten Brebes, dengan ketinggian tempat 100 m dpl (C), dan berjenis tanah Aluvial, dengan kelas tekstur lempung berat (60,33% lempung; 33,92% debu; 5,75% pasir), pH: 6,3, kadar lengas: 10,56%, kandungan bahan organik: 2,38%, dan porositas total tanah: 40,39%. Pola pergiliran tanaman yaitu: Padi-Bawang Merah-Bawang Merah-Bawang Merah (Pola C1). Percobaan dilakukan pada

musim hujan (MH) dan kemarau (MK), masing-masing pada tanggal 3 April sampai dengan 22 Mei 2005, dan 20 Juli sampai dengan 15 September 2005.

d. Lahan Sawah yang terletak di Desa Gerung Kecamatan Sukomoro, Kabupaten Nganjuk, dengan ketinggian tempat 100 m dpl. Lahan ini berjenis tanah Vertisol dengan kelas tekstur lempung berat (70,93% lempung; 28,15% debu; 0,92% pasir), pH: 5,1, kadar lengas: 12,29%, kandungan bahan organik: 2,26%, dan porositas total tanah: 38,70%. Pola pergiliran tanamannya yaitu: Sayuran/Melon-Bawang Merah-Bawang Merah-Bawang Merah (Pola D3). Percobaan dilakukan pada musim kemarau (MK) tanggal 15 Juli sampai dengan 15 September 2005, dan musim hujan (MH) tanggal 12 Januari sampai dengan 12 Maret 2006.

Sebelum percobaan dimulai, dilakukan pengolahan tanah, pemupukan dasar, dan penanaman. Pemeliharaan tanaman dilakukan bersamaan dengan pelaksanaan percobaan. Cara bercocok tanam mengikuti cara petani setempat. Benih berupa umbi lapis yang digunakan berasal dari pedagang benih yang ada di masing-masing daerah sentra produksi, yang mengumpulkan dari hasil panen petani setempat. Hasil umbi lapis yang diperoleh pada musim hujan digunakan sebagai umbi benih pada musim kemarau berikutnya, setelah disimpan selama lebih kurang 3 bulan.

Variabel pengamatan meliputi:

- a. Periode munculnya gejala penyakit moler atau periode inkubasi
Periode inkubasi penyakit moler diamati, dengan cara mengamati periode munculnya gejala penyakit moler, setiap hari mulai dari penanaman hingga tanaman tampak bergejala. Pengamatan dilakukan terhadap masing-masing

tanaman, kemudian data dirata-rata untuk masing-masing ulangan (1 bedeng terdiri atas 100 tanaman).

- b. Intensitas penyakit, diamati setiap minggu sejak munculnya gejala sampai menjelang panen. Berdasarkan sifat penyakit yang sistemik maka intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$I = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

I: Intensitas penyakit

a: Jumlah tanaman sakit

b: Jumlah tanaman seluruhnya

Untuk menilai berat ringan Intensitas Penyakit (pada Pengelolaan lapangan) digunakan skala menurut Anonim (2004) sebagai berikut :

Serangan ringan : bila derajat intensitas penyakit $\leq 25\%$

Serangan sedang : bila derajat intensitas penyakit $> 25\% - \leq 50\%$

Serangan berat : bila derajat intensitas penyakit $> 50\% - \leq 90\%$

Serangan puso : bila derajat intensitas penyakit $> 90\%$

- c. Laju infeksi

Data intensitas penyakit yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengetahui perkembangan penyakit dengan menghitung laju infeksi atau r (*infection rate*) menggunakan rumus epidemiologi Van der Plank (1963):

$$X_t = X_0.e^{rt}$$

$$r = \frac{2,3}{t} \left(\log \frac{X_t}{1-X_t} - \log \frac{X_o}{1-X_o} \right) \text{ per unit per unit waktu}$$

Keterangan :

X_t : Proporsi penyakit (Intensitas penyakit) pada waktu t

X_o : Proporsi penyakit (Intensitas penyakit) pada awal pengamatan ($t = 0$)

e : Logaritma natural, yakni konstanta sebesar 2,71828

r : Laju infeksi penyakit

t : Waktu

Mengingat penyebab penyakitnya merupakan patogen terbawa tanah, berarti sumber inokulumnya bersifat konstan, sehingga:

$$\log \frac{X_t}{1-X_t} \text{ menjadi } \log \frac{1}{1-X_t}$$

$$\log \frac{X_o}{1-X_o} \text{ menjadi } \log \frac{1}{1-X_o}$$

Dengan demikian, rumus di atas dimodifikasi untuk perkembangan penyakit pola monosiklik atau bunga tunggal, menjadi :

$$r = \frac{2,3}{t} \left(\log \frac{1}{1-X_t} - \log \frac{1}{1-X_o} \right) \text{ per unit per unit waktu}$$

- d. Hasil umbi lapis dari setiap 100 tanaman bawang merah. Data hasil umbi lapis yang diperoleh dibedakan menjadi hasil umbi lapis basah dan umbi lapis kering. Hasil umbi lapis basah diperoleh dengan cara menimbang umbi lapis dari setiap 100 tanaman setelah dicabut dan dibersihkan tanahnya, sedangkan hasil umbi lapis kering diperoleh dengan cara

- umbi lapis yang telah dicabut dan dibersihkan tanahnya dijemur terlebih dahulu selama 1 minggu baru ditimbang. Penimbangan dilakukan dengan timbangan kapasitas 20 kg.
- e. Kondisi cuaca lahan pertanaman diamati dengan cara mengamati unsur cuaca meliputi faktor suhu dan kelembapan udara, suhu tanah, dan curah hujan. Data suhu dan kelembapan udara, serta suhu tanah diukur setiap hari pukul 07.00; 13.00; dan 18.00 WIB (Wisnubroto, 1999), data curah hujan diukur setiap hari petugas stasiun meteorologi terdekat. Data suhu dan kelembapan udara diukur dengan termohigrometer udara (*Haar-Synth TSA Germany*), suhu tanah diukur dengan termometer tanah (*Kenko Japan*).

2. Periode Inkubasi Penyakit Moler

Periode inkubasi penyakit moler diamati, dengan cara mengamati periode munculnya gejala penyakit moler, setiap hari mulai dari penanaman sampai tanaman tampak bergejala. Periode inkubasi penyakit moler tercepat terjadi 12,17 dan 12,50 hari setelah tanam pada kultivar Bauji dan Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, sedangkan periode inkubasi terlama yaitu 50 hari setelah tanam terjadi pada semua kultivar bawang merah yang ditanam di lahan sawah Bantul dan Brebes pada musim kemarau. Banyak tanaman tidak menunjukkan gejala hingga panen pada musim kemarau (Tabel 5).

Hasil pengukuran anasir cuaca menunjukkan, rerata suhu tanah dan suhu udara di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan pada saat awal pertumbuhan tanaman (berumur 1-10 hari) masing-masing sebesar 25,9°C dan 29,5°C, suhu tersebut paling rendah dibandingkan suhu di lahan lain yang besarnya berkisar 25,9 - 26,8°C dan 29,9 - 30,4°C. Diduga kondisi tersebut memicu perkembangan penyakit moler yang cepat di lahan

sawah Nganjuk, ditunjukkan dengan periode inkubasi yang hanya sekitar 12 hari. Agrios (1997) menyatakan, bahwa panjang pendeknya periode inkubasi suatu penyakit tanaman bervariasi terhadap kombinasi inang-patogen khusus, tahap pertumbuhan inang, dan suhu lingkungan.

Tabel 5. Periode Inkubasi Penyakit Moler pada Beberapa Kultivar Bawang Merah yang Ditanam di Beberapa Lahan pada Musim Hujan dan Kemarau

Lahan	Kultivar	Periode inkubasi penyakit moler (hari)	
		Musim Hujan	Musim Kemarau
Lahan Pasir Bantul	Pilip	22,00	22,33
	Bauji	19,50	21,00
	Tiron	20,67	26,20
	Biru	16,30	21,50
	Kuning	27,67	21,50
	Bima	31,17	21,67
Lahan Sawah Bantul	Pilip	18,00	50,00
	Bauji	18,00	50,00
	Tiron	28,50	50,00
	Biru	18,00	50,00
	Kuning	16,50	50,00
	Bima	20,33	50,00
Lahan Sawah Brebes	Pilip	21,00	50,00
	Bauji	20,50	50,00
	Tiron	32,33	-
	Biru	21,83	-
	Kuning	21,83	50,00
	Bima	21,33	-
Lahan Sawah Nganjuk	Pilip	14,50	22,33
	Bauji	12,17	21,00
	Tiron	17,83	26,20
	Biru	12,50	21,50
	Kuning	15,67	21,50
	Bima	17,17	21,67

Keterangan: - tidak bergejala

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa semakin pendek periode inkubasi penyakit moler, semakin muda tanaman mengalami serangan jamur, maka kerusakan dan kematian tanaman semakin cepat. Semakin lambat periode inkubasi penyakit moler, kerusakan tanaman lebih lambat dan tanaman masih mampu membentuk umbi meskipun ukurannya kecil. Periode inkubasi 50 hari terjadi pada tanaman yang sudah membentuk umbi normal, namun kemudian daunnya lebih cepat menguning, dan umbinya menjadi busuk.

Tabel 6. Periode Inkubasi Penyakit Moler pada Bawang Merah yang Ditanam pada Musim Hujan dan Kemarau di Beberapa Jenis Tanah yang Berbeda

Musim	Periode Inkubasi Penyakit Moler (hari)				
	Lahan pasir	Lahan sawah	Lahan sawah	Lahan sawah	
	Bantul Regosol	Bantul Regosol	Brebes Aluvial	Nganjuk Vertisol	Rerata
Hujan	22,89	19,89	23,22	14,97	20,24
Kemarau	22,37	50,00	-	22,37	31,58

Tabel 6 memperlihatkan, pada musim hujan periode inkubasi penyakit moler bervariasi dengan rerata 20,24 hari, periode inkubasi tercepat 14,97 hari terjadi di lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol dan terlama 23,22 hari terjadi di lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial. Pada musim kemarau beberapa tanaman di lahan sawah berjenis tanah Aluvial tidak menunjukkan gejala moler, sehingga rerata periode inkubasi hanya dihitung dari 3 lokasi. Namun dari 3 lokasi itu pun periode inkubasi

masih lebih lama dibandingkan musim hujan sebesar 31,58 hari. Periode inkubasi tercepat 22,37 hari terjadi di lahan pasir Bantul berjenis tanah Regosol dan lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol, periode inkubasi terlama 50,00 hari terjadi di lahan sawah Bantul berjenis tanah Regosol.

Hasil tersebut di atas menunjukkan bahwa pada musim yang sama perbedaan jenis tanah mempengaruhi cepat atau lamanya periode inkubasi penyakit moler. Periode inkubasi tercepat terjadi di lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol. Tanah Vertisol merupakan tanah lempung berat dengan pH 5,1 dan porositas total tanah 38,70% paling rendah di banding lahan lain. Kondisi tersebut kurang mendukung untuk pertumbuhan tanaman bawang merah, menyebabkan tanaman lebih cepat mengalami predisposisi dan menunjukkan gejala penyakit. Kondisi lingkungan yang kurang baik bagi tanaman meningkatkan eksudasi akar, dan keparahan penyakit berhubungan dengan bertambahnya sumber makanan yang meningkatkan potensi inokulum patogen (Lockwood, 1988).

Tabel 7 menunjukkan rerata periode inkubasi penyakit moler untuk semua kultivar yang ditanam pada musim hujan sebesar 20,34 hari, dengan periode inkubasi tercepat 17,16 hari dijumpai pada kultivar Biru, dan terlama 24,83 hari dijumpai pada kultivar Tiron. Pada musim kemarau beberapa tanaman dari kultivar Tiron, Biru, dan Bima tidak menunjukkan gejala, sehingga rerata hanya dihitung dari kultivar yang ada. Rerata periode inkubasi penyakit untuk semua kultivar pada musim kemarau lebih lama dari musim hujan yaitu sebesar 35,37 hari, periode inkubasi terlama 36,16 hari dijumpai pada kultivar Pilip, dan tercepat 35,50 hari dijumpai pada kulivar Bauji dan Kuning. Hasil di atas

menunjukkan, bahwa pada musim yang sama perbedaan kultivar menyebabkan perbedaan periode inkubasi penyakit moler.

Tabel 7. Periode Inkubasi Penyakit Moler pada Beberapa Kultivar Bawang Merah pada Musim Hujan dan Musim Kemarau

Kultivar	Periode inkubasi penyakit moler (hari)	
	Musim hujan	Musim kemarau
Pilip	18,88	36,16
Bauji	18,25	35,50
Tiron	24,83	-
Biru	17,16	-
Kuning	20,42	35,50
Bima	22,50	-
Rerata	20,34	35,37

Keterangan: - tidak menunjukkan gejala

2. Intensitas Penyakit Moler

Hasil sidik ragam gabungan antar lahan dan antar musim dari hasil pengamatan intensitas penyakit moler (IP) pada 6 kultivar yang diuji menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata intensitas penyakit moler antar kultivar yang berlaku di semua lahan dan pada semua musim. Hal ini berarti, percobaan membuktikan bahwa intensitas penyakit moler pada 6 kultivar tersebut akan berbeda-beda tergantung lahan dan musim tanamnya.

Intensitas penyakit moler pada 6 kultivar bawang merah berumur 50 hari yang ditanam di 4 lahan pengujian pada musim hujan dan kemarau tahun 2005/2006 ditunjukkan dalam Tabel 8. Rerata intensitas penyakit tertinggi 77,90% dan 74,47% terjadi pada kultivar Biru yang ditanam di

lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol pada musim hujan, dan kultivar Pilip yang ditanam di lahan sawah Nganjuk berjenis tanah Vertisol pada musim hujan. Intensitas penyakit terendah 0,29% dan 1,60% terjadi pada kultivar Tiron yang ditanam di lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial pada musim kemarau, kultivar Bima yang ditanam di lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial pada musim kemarau, dan kultivar Kuning yang ditanam di lahan sawah Brebes berjenis tanah Aluvial pada musim kemarau.

Tabel 8. Intensitas Penyakit Moler pada 6 Kultivar Bawang Merah Berumur 50 Hari yang Ditanam di 4 Lahan yang Memiliki Jenis Tanah Berbeda pada Musim Hujan dan Kemarau

Musim	Kultivar	Rerata intensitas penyakit moler (%)			
		Lahan pasir Bantul Regosol	Lahan sawah Bantul Regosol	Lahan sawah Brebes Aluvial	Lahan sawah Nganjuk Vertisol
Hujan	Pilip	31,84 f	46,38 cd	33,39 f	74,47 a
	Bauji	31,39 f	51,07 c	40,92 de	61,06 b
	Tiron	11,10 jklmno	10,12 klmnop	8,58 lmnopq	36,23 ef
	Biru	35,45 ef	59,98 b	19,33 ghij	77,90 a
	Kuning	17,52 ghijk	19,34 ghij	23,61 gh	61,50 b
	Bima	23,45 gh	20,16 ghi	23,07 g	49,24 c
Kemarau	Pilip	12,56 ijklmn	4,32 nopq	3,41 opq	15,73 ghijklm
	Bauji	19,90 ghi	4,50 nopq	5,03 nopq	19,16 ghij
	Tiron	7,61 mnopq	2,11 pq	0,29 q	14,48 ijklm
	Biru	15,11 hijklm	2,50 pq	4,32 nopq	17,66 ghijk
	Kuning	10,99 jklmno	6,32 nopq	1,60 q	16,24 ghijkl
	Bima	14,53 ijklm	2,50 p	0,29 q	17,11 ghijk

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak ganda Duncan

Intensitas penyakit moler sangat dipengaruhi oleh kondisi lahan, musim, dan kultivar yang ditanam. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Zadok & Schein (1979), bahwa ambang kerusakan penyakit tanaman bervariasi dengan lokasi, musim, dan skala usaha tani.

Di samping itu varietas dengan tingkat kerentanan yang berbeda menyebabkan ambang kerusakan yang berbeda pula.

Nilai intensitas penyakit moler 77,90% dan 74,47% termasuk serangan berat, sedangkan nilai intensitas penyakit moler 0,29% dan 1,60% termasuk serangan ringan. Dengan demikian serangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada bawang merah yang menyebabkan penyakit moler di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan khususnya pada kultivar Biru dan Pilip, perlu mendapat perhatian dan pengelolaan yang serius karena menimbulkan kerusakan yang berat (Anonim, 2004).



Gambar 8. Kondisi pertanaman bawang merah pada percobaan kajian ketahanan kultivar terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, tampak beberapa kultivar bawang merah rusak karena penyakit moler (Bauji), sedangkan kultivar lain tetap dapat tumbuh dengan baik (Tiron)

Gambar 8 memperlihatkan kerusakan beberapa kultivar bawang merah karena penyakit moler di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan bulan

Februari tahun 2006. Tampak pada gambar bahwa kultivar Bauji mengalami kerusakan berat, dalam satu bedeng yang berisi 100 tanaman hanya beberapa tanaman saja yang tidak rusak. Sedangkan kultivar Tiron yang bedengnya berada di sebelahnya, tidak mengalami kerusakan berat.

Lahan sawah Nganjuk yang digunakan sebagai lokasi percobaan berjenis tanah Vertisol yaitu jenis tanah yang mempunyai tekstur lempung berat. Menurut Hartel (2005), jenis tanah dengan tekstur lempung berat umumnya mempunyai jumlah pori mikro tanah yang lebih banyak dibandingkan pori makro yang menyebabkan pergerakan air dan gas di dalam tanah lebih lambat. Kondisi tersebut dapat mengganggu pertumbuhan akar tanaman sehingga menyebabkan akar mudah terserang patogen.

Jenis tanah Vertisol juga diketahui sebagai tanah berat yang sulit diolah, memerlukan tenaga yang besar dan waktu yang lama untuk mengolahnya. Hal inilah yang menyebabkan petani di daerah Nganjuk ada yang enggan menanam padi karena untuk pengolahan tanah memerlukan biaya yang tinggi. Mereka lebih memilih menanam bawang merah terus-menerus atau hanya digilir dengan komoditas hortikultura yang tidak perlu membongkar bedengan. Dengan demikian lahan tersebut tidak dilakukan pergiliran dengan padi, sehingga tanahnya tidak mengalami pengolahan yang intensif dan penggenangan. Hal ini menyebabkan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler yang bersifat aerobik tidak mengalami kekurangan oksigen, sehingga dapat terus bertahan bahkan berkembang dengan baik di dalam tanah. Menurut Rao (1994), jamur tanah umumnya bersifat aerobik, dan dapat tumbuh dengan baik di tanah yang ketersediaan oksigennya cukup untuk respirasi.

Metting (1993) dan Hartel (2005) menyatakan bahwa sebagian besar jamur toleran terhadap asam dan umumnya ditemukan di tanah-tanah

yang bersifat masam dengan pH 5,5 ke bawah. Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah menunjukkan, tanah dari lahan sawah Nganjuk yang berjenis Vertisol mempunyai pH 5,1 (asam), sedangkan lahan lain pH tanahnya $\geq 6,3$. Kondisi tanah yang masam menyebabkan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dapat berkembang dengan baik di lahan sawah Nganjuk.

Intensitas penyakit lebih tinggi pada musim hujan dibandingkan dengan musim kemarau terutama pada kultivar Pilip dan Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk. Pada musim hujan, aliran air hujan dapat menjadi media yang efektif untuk penyebaran inokulum *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di lahan pertanaman bawang merah, seperti yang terjadi di Queensland, aliran air hujan efektif menyebarkan inokulum *F. oxysporum* f.sp. *cubense* penyebab penyakit Panama pada pisang (Allen & Nehl, 1997).

Hartel (2005) menjelaskan bahwa tanah-tanah masam biasanya terjadi ketika air hujan cukup untuk menyebabkan senyawa-senyawa basa tercuci dari tanah; ketika curah hujan tidak cukup mencuci senyawa-senyawa basa, maka tanah biasanya bersifat basa. Hal tersebut mendukung data bahwa pada musim hujan banyak tanah-tanah menjadi masam, kondisi ini menyebabkan jamur-jamur tanah termasuk *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* yang lebih sesuai pada kondisi masam dapat berkembang dengan baik.

Hasil pengukuran dan pengamatan kondisi cuaca yang berupa suhu dan kelembapan udara, suhu tanah, serta curah hujan menunjukkan, kondisi cuaca di masing-masing lokasi pengujian pada musim hujan dan kemarau berbeda. Perbedaan ini menyebabkan terjadinya perbedaan yang nyata intensitas penyakit moler pada berbagai kultivar bawang merah.

Intensitas penyakit moler berbagai kultivar bawang merah antar lahan pada kondisi cuaca musim hujan dan kemarau dengan suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, dan curah hujan yang berbeda ditunjukkan dalam Lampiran 2. Dari Lampiran 2 diketahui, bahwa pada musim hujan intensitas penyakit moler tertinggi terjadi pada kultivar Pilip dan Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk.

Kondisi cuaca di Nganjuk pada musim hujan saat pengujian adalah kisaran suhu udara 27,3–31,8°C dengan rerata 29,4°C, kisaran kelembapan udara 74,0–89,0% dengan rerata 82,4%, kisaran suhu tanah 24,1–28,3°C dengan rerata 26,6°C, dan curah hujan 9,3 mm/hari. Suhu udara di Nganjuk paling rendah, tetapi kelembapan udara, suhu tanah, dan curah hujan relatif lebih tinggi dibanding di lahan lain. Suhu tanah di Bantul juga tinggi yaitu 27,8–28,5°C dengan rerata 26,6°C, tetapi curah hujan rendah hanya 2,8 mm/hari. Curah hujan di Brebes tinggi yaitu 9,7 mm/hari, tetapi suhu tanahnya relatif rendah yaitu 22,4–27,8°C dengan rerata 24,5°C.

Dengan demikian diduga kombinasi suhu tanah dan curah hujan yang tinggi merupakan kondisi cuaca yang kurang cocok untuk pertumbuhan kultivar Pilip dan Biru yang diketahui tidak tahan hujan. Namun kondisi tersebut sesuai untuk berkembang-biakan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, sehingga epidemi penyakit moler dapat berkembang dengan baik.

Pergerakan air dan gas di dalam tanah-tanah Vertisol lebih lambat. Pada musim hujan dengan curah hujan yang tinggi, tanah Vertisol lebih banyak menahan air yang menyebabkan aerasi tanah kurang bagus untuk aerasi akar tanaman bawang merah khususnya kultivar Pilip dan Biru, namun masih cukup untuk respirasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Kondisi tersebut menyebabkan kedua kultivar tersebut lebih mudah mengalami predisposisi atau lebih rentan terhadap serangan *F. oxysporum* f.sp. *cepae*.

Suhu tanah sangat mempengaruhi laju proses-proses biologi, fisika, dan kimia di dalam tanah. Pada kisaran terbatas, laju reaksi-reaksi kimia dan proses-proses biologi dilipatgandakan untuk setiap kenaikan suhu sebesar 10°C. Suhu tanah berkaitan sangat erat dengan kelembapan tanah. Air mempunyai panas khusus yang tinggi, dibutuhkan sejumlah energi untuk menaikkan suhu 1 cm³ air sebesar 1°C. Apabila air ditambahkan ke dalam tanah, panas khusus dari air dan kepadatan tanah yang tinggi berkombinasi memicu perubahan suhu tanah yang cepat (Hartel, 2005).

Curah hujan yang tinggi di lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol yang kepadatan tanahnya tinggi menyebabkan suhu tanah naik. Kondisi ini pada kisaran tertentu meningkatkan laju reaksi-reaksi kimia dan proses-proses biologi, sehingga mikroorganisme yang hidup di dalamnya termasuk *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* dapat hidup dengan lebih baik.

Menurut Curl (1982), fluktuasi faktor-faktor lingkungan dapat memicu kondisi tertekan bagi tanaman, yang selanjutnya menyebabkan peningkatan eksudasi akar yang berpotensi bagi serangan patogen. Baik suhu yang rendah maupun tinggi memicu peningkatan atau penurunan beberapa karbohidrat, asam amino, kofaktor spesifik dan senyawa yang terkandung dalam eksudat lainnya, yang mempengaruhi aktivitas patogen.

Intensitas penyakit moler kultivar Tiron di semua lahan percobaan pada musim hujan paling rendah dibandingkan kultivar lain (Lampiran 2). Hal ini karena tanaman tersebut masih dapat terinfeksi namun aras keparahan penyakitnya rendah, atau dapat dikatakan tidak terjadi epidemi penyakit moler pada kultivar tersebut. Frantzen (2000) menyampaikan, bahwa suatu epidemi penyakit tanaman tidak

berkembang di dalam populasi yang hanya terdiri atas tanaman-tanaman tahan.

Penyakit moler tetap ada pada musim kemarau meskipun dengan intensitas yang lebih rendah dibandingkan pada musim hujan. Pada musim kemarau intensitas penyakit moler tinggi pada beberapa kultivar yang ditanam di lahan sawah Nganjuk dan lahan pasir Bantul (Lampiran 2).

Kondisi cuaca di Nganjuk pada musim kemarau pada saat pengujian adalah kisaran suhu udara 27,8–31,0°C dengan rerata 29,5°C, kisaran kelembapan udara 74,7–84,0% dengan rerata 76,3%, kisaran suhu tanah 25,3–28,3°C dengan rerata 26,8°C, dan curah hujan 0 mm/hari. Kondisi cuaca di lahan pasir Bantul pada musim kemarau saat pengujian adalah kisaran suhu udara 29,8–36,3°C dengan rerata 32,0°C, kisaran kelembapan udara 62,7–76,7% dengan rerata 70,0%, kisaran suhu tanah 25,3–30,0°C dengan rerata 27,4°C, dan curah hujan 0 mm/hari. Suhu tanah di kedua lahan tersebut lebih tinggi dibandingkan di lahan lain. Suhu tanah yang tinggi pada musim kemarau dapat menyebabkan jaringan akar tanaman rusak.

Menurut Gregory *et al.* (2000), di tanah-tanah pasir seperti yang terjadi di Nigeria, evaporasi dari permukaan tanah umumnya melebihi transpirasi, dan drainase hampir sebanding dengan kehilangan air karena evapotranspirasi. Keadaan tersebut menyebabkan tanaman cepat mengalami kekeringan.

Menurut Booth (1971) dan Rabinowitch & Brewster (1990), suhu tanah merupakan faktor penting yang mempengaruhi aktivitas *Fusarium oxysporum* f.sp *cepae* serta tipe gejala dan kejadian penyakit. Pada umumnya tanaman mulai terinfeksi bila suhu tanah mendekati 25°C. Kejadian penyakit meningkat bila terjadi kerusakan jaringan tanaman karena suhu tinggi dan kekeringan. Ogle *et al.* (1993) menyatakan, bahwa

jenis-jenis *Fusarium* umumnya menyerang bibit-bibit yang sedang mengalami stress karena kondisi cuaca yang ekstrim, kerusakan jaringan secara kimia atau fisika, atau kombinasi di antara faktor-faktor tersebut.

Suhu tinggi yang menyebabkan peningkatan jumlah panas di atas ambang kritis dapat mempengaruhi fisiologi tanaman dan mematahkan gen-gen ketahanan yang sensitif terhadap panas pada beberapa tanaman (Chakraborty & Pangga, 2004).

Untuk mengetahui unsur cuaca yang paling berpengaruh terhadap intensitas penyakit moler digunakan analisis lintas. Dengan analisis ini dapat diketahui secara jelas, tanggapan dari variabel tak bebas merupakan akibat langsung dari variabel bebas atau akibat tak langsung dari variabel lain (Singh & Chaudary, 1977).

Tabel 9. Hasil Analisis Lintas Unsur-Unsur Cuaca terhadap Intensitas Penyakit Moler pada Bawang Merah

Variabel	Pengaruh langsung	Pengaruh tidak langsung melalui variabel						Pengaruh Total	$r_{(x,y)}$	R
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆			
X ₁	-0,22	-	-0,45	0,26	-0,29	-0,28	-0,24	-0,30	-0,30	0,75
X ₂	0,06	-0,45	-	-0,43	0,48	0,49	0,63	0,37	0,37	
X ₃	0,33	0,26	-0,43	-	0,02	0,01	-0,26	0,11	0,11	
X ₄	-0,26	-0,29	0,48	0,02	-	0,99	0,68	0,49	0,49	
X ₅	0,30	-0,28	0,49	0,01	0,99	-	0,70	0,50	0,50	
X ₆	0,51	-0,24	0,63	-0,26	0,68	0,70	-	0,56	0,56	

X: Variabel yang dibakukan sebagai analisis lintas, X₁ = Suhu udara, X₂ = Kelembapan udara, X₃ = Suhu tanah, X₄ = Curah hujan harian, X₅ = Jumlah curah hujan 1 minggu, X₆ = Akumulasi curah hujan, $r_{(x,y)}$ = Koefisien korelasi variabel unsur-unsur cuaca dengan intensitas penyakit, dan R = Faktor sisa (Residual)

Hasil analisis lintas dalam Tabel 9 menampakkan pengaruh langsung dan tidak langsung dari unsur-unsur cuaca seperti suhu udara, kelembapan udara, suhu tanah, curah hujan harian, jumlah curah hujan 1 minggu, dan akumulasi curah hujan terhadap intensitas penyakit moler.

Nilai koefisien korelasi yang merupakan nilai pengaruh total tertinggi sebesar 0,56 diperoleh dari variabel akumulasi curah hujan (X_6), dan nilai koefisien lintas yang juga merupakan pengaruh langsung tertinggi sebesar 0,51 juga diperoleh dari variabel unsur cuaca akumulasi curah hujan (X_6).

Selain berpengaruh secara langsung, unsur cuaca akumulasi curah hujan juga memberikan pengaruh tidak langsung yang nyata terhadap intensitas penyakit, melalui kelembapan udara dengan nilai korelasi sebesar 0,63. Unsur cuaca kelembapan udara sendiri menunjukkan pengaruh langsung yang relatif rendah yaitu hanya 0,06. Hal ini berarti kelembapan udara secara langsung kurang berpengaruh terhadap intensitas penyakit. Namun, mempunyai pengaruh total dan pengaruh tidak langsung melalui akumulasi curah hujan yang cukup tinggi, masing-masing dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,37 dan 0,63 (Tabel 9). Hal ini menunjukkan bahwa adanya curah hujan yang tinggi yang terus menerus selama musim tanam bawang merah akan menyebabkan kelembapan udara yang tinggi di sekitar pertanaman. Kondisi tersebut memicu perkembangan epidemi penyakit moler.

Dari semua unsur cuaca yang diamati, akumulasi curah hujan merupakan unsur cuaca yang memberikan pengaruh paling dominan terhadap intensitas penyakit moler. Dengan demikian penanaman bawang merah pada musim hujan perlu mendapat perhatian serius. Apabila dimungkinkan perlu menggeser waktu penanaman bawang merah, dengan mempercepat atau menunda waktu tanam. Untuk itu para petani perlu memperhatikan dan memanfaatkan informasi mengenai ramalan cuaca yang disampaikan oleh pihak yang berwenang. Begitu juga diharapkan, pemerintah dapat lebih memasyarakatkan pemanfaatan informasi ramalan cuaca untuk pengelolaan pertanian.

Nilai koefisien lintas yang juga tinggi adalah untuk variabel suhu tanah (X_3) yaitu sebesar 0,33, berarti selain akumulasi curah hujan, suhu tanah

juga memberikan pengaruh langsung yang nyata terhadap besarnya intensitas penyakit moler. Suhu tanah juga memberikan pengaruh tidak langsung yang nyata dengan nilai korelasi sebesar -0,43 melalui kelembapan udara. Suhu tanah mempengaruhi kelembapan udara di sekitar pertanaman. Nilai korelasi negatif menunjukkan bahwa apabila suhu tanah tinggi maka kelembapan udara rendah, dan sebaliknya.

Dengan demikian, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kombinasi suhu tanah dan curah hujan yang tinggi yang mempengaruhi kelembapan udara di sekitar pertanaman merupakan kondisi cuaca yang kurang cocok untuk pertumbuhan tanaman bawang merah, tetapi kondisi tersebut sesuai untuk perkembangbiakan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, sehingga epidemi penyakit moler dapat berkembang dengan baik.

Faktor sisa (Residual) dari analisis lintas tertera sebesar 0,75, hasil ini menunjukkan bahwa selain enam unsur cuaca tersebut di atas terdapat variabel-variabel lain yang secara bersama-sama pengaruhnya lebih besar yaitu 75% (Tabel 9). Variabel lain tersebut beberapa di antaranya telah dibahas sebelumnya yaitu jenis tanah, pola pergiliran tanaman, dan kultivar.

4. Laju Infeksi Penyakit Moler

Laju infeksi penyakit moler (r) berbeda nyata pada 6 kultivar bawang merah yang ditanam di 4 lahan pada musim hujan dan kemarau. Laju infeksi tertinggi sebesar 1,00 unit/minggu terjadi pada kultivar Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, dan paling rendah 0,00-0,04 unit/minggu pada beberapa kultivar yang ditanam di lahan sawah selain lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, dan pada semua kultivar yang ditanam di semua lahan pada musim kemarau (Tabel 10).

Tabel 10. Laju Infeksi Penyakit Moler 6 Kultivar Bawang Merah yang Ditanam di 4 Lahan yang Memiliki Jenis Tanah Berbeda pada Musim Hujan dan Kemarau

Musim	Kultivar	Laju infeksi penyakit moler (unit/minggu) di lahan dan jenis tanah berbeda			
		Lahan pasir Bantul Regosol	Lahan sawah Bantul Regosol	Lahan sawah Brebes Aluvial	Lahan sawah Nganjuk Vertisol
H	Pilip	0,07 de	0,15 cde	0,07 de	0,52 b
	Bauji	0,08 cde	0,18 cde	0,11 cde	0,29 c
	Tiron	0,01 e	0,01 e	0,01 e	0,08 cde
	Biru	0,09 cde	0,51 b	0,02 e	1,00 a
	Kuning	0,02 e	0,02 e	0,03 e	0,27 cd
	Bima	0,04 e	0,03 e	0,03 e	0,17 cde
K	Pilip	0,01 e	0,00 e	0,00 e	0,01 e
	Bauji	0,03 e	0,00 e	0,00 e	0,02 e
	Tiron	0,00 e	0,00 e	0,00 e	0,01 e
	Biru	0,01 e	0,00 e	0,00 e	0,02 e
	Kuning	0,01 e	0,00 e	0,00 e	0,02 e
	Bima	0,01 e	0,00 e	0,00 e	0,02 e

Keterangan : H: musim hujan; K: musim kemarau

Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak ganda Duncan

Menurut Zadok dan Schein (1979), semakin tinggi laju infeksi maka semakin pendek periode perkembangan penyakit yang berarti semakin cepat terjadi epidemi penyakit. Laju infeksi yang tinggi pada kultivar Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan memperlihatkan bahwa perkembangan epidemi penyakit moler pada kultivar Biru sangat cepat, karena kultivar Biru merupakan kultivar yang tidak mempunyai ketahanan kuantitatif atau rentan terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* apabila ditanam pada kondisi lingkungan

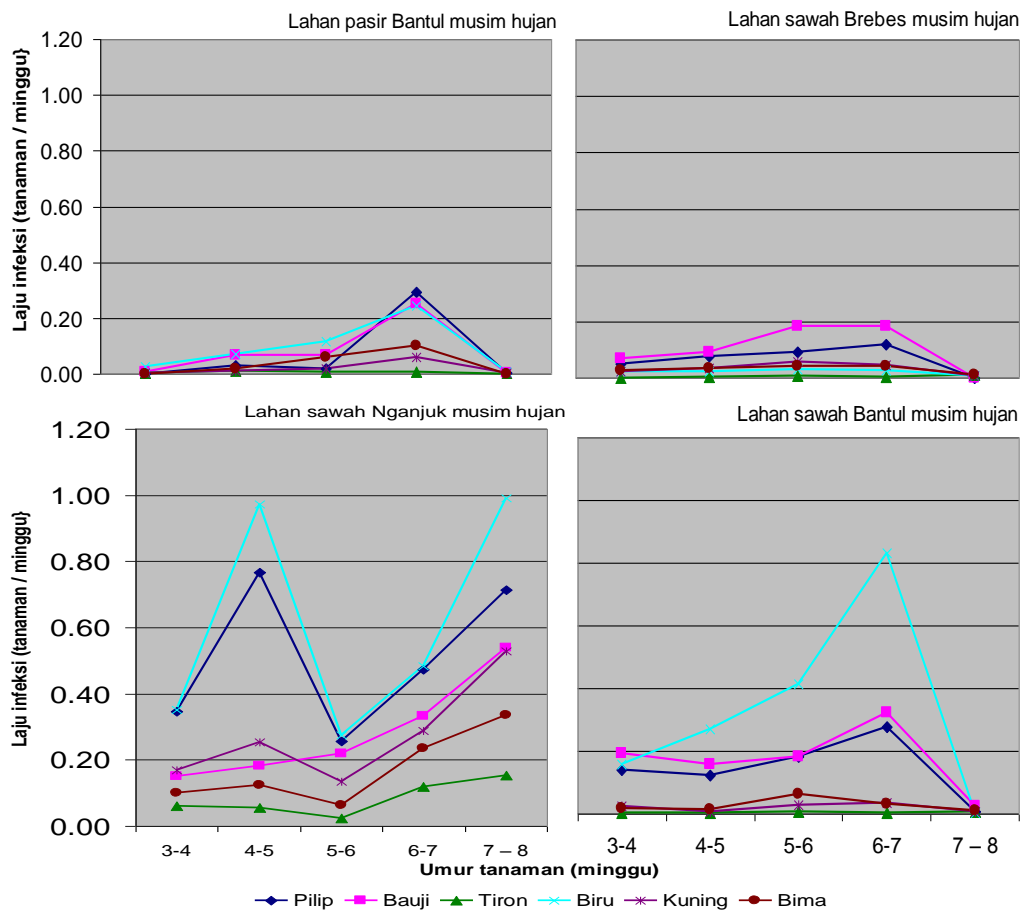
mendukung untuk perkembangan penyakit moler. Kondisi lingkungan yang dimaksud yaitu kondisi tanah Vertisol dan cuaca musim hujan.

Laju infeksi terendah terjadi pada semua kultivar yang ditanam di lahan sawah selain lahan sawah Nganjuk, dan pada semua kultivar yang ditanam di semua lahan pada musim kemarau. Hal ini menunjukkan bahwa semua kultivar mempunyai ketahanan kuantitatif apabila di tanam di lahan dengan jenis tanah Regosol dan Aluvial pada musim hujan, dan apabila ditanam di lahan dengan jenis tanah Regosol, Aluvial, dan Vertisol pada musim kemarau, sehingga perkembangan epidemi penyakit moler berlangsung lebih lambat. Ketahanan kuantitatif tidak menghambat proses infeksi secara lengkap dan membiarkan produksi inokulum, tetapi produksi inokulumnya tertunda yang berarti periode latennya lebih lama atau mungkin dikurangi, sehingga epidemi tertunda atau terjadi penurunan tingkat keparahan penyakit dalam populasi (Frantzen, 2000).

Tabel 10 memperlihatkan bahwa laju infeksi penyakit moler pada kultivar Tiron di semua lahan baik musim hujan maupun kemarau relatif paling rendah dibandingkan kultivar lain. Hal ini menunjukkan bahwa kultivar Tiron mempunyai ketahanan kuantitatif yang lebih tinggi dibandingkan kultivar lain. Dengan demikian, laju infeksi penyakit moler sangat dipengaruhi oleh kultivar, jenis tanah, dan musim. Van der Plank (1963) menyatakan, besarnya laju infeksi ditentukan oleh jumlah inokulum, proporsi dari unit pemencaran yang mengawali infeksi, panjang periode laten, dan panjang periode infeksi. Namun keempat hal tersebut dipengaruhi oleh variasi inang, patogen, dan lingkungan.

Kecepatan perkembangan penyakit moler dari minggu ke minggu untuk setiap lahan pada musim hujan (Gambar 9) diamati dengan menghitung laju infeksi berdasarkan data intensitas penyakit minggu ke-3 dan ke-4, minggu ke-4 dan ke-5, minggu ke-5 dan ke-6, minggu ke-6 dan

ke-7, serta minggu ke-7 dan ke-8. Gambar 9 menunjukkan bahwa laju infeksi tertinggi terjadi di lahan sawah Nganjuk. Hasil tersebut mendukung data, bahwa pada musim hujan, lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol dan tidak digilir dengan padi kurang baik untuk pertanaman bawang merah. Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa umumnya perkembangan penyakit moler tercepat dimulai pada minggu ke 5 - 7. Hal ini diduga karena pada minggu-minggu tersebut kondisi cuaca sangat mendukung perkembangan penyakit.



Gambar 9. Laju infeksi penyakit moler pada musim hujan di beberapa lahan pertanaman bawang merah

5. Hasil Umbi Lapis Bawang Merah

Tabel 11 menunjukkan terdapat perbedaan nyata hasil umbi lapis kering bawang merah kultivar Pilip, Bauji, Tiron, Biru, Kuning, dan Bima yang ditanam di 4 lahan percobaan pada musim hujan dan kemarau. Hasil umbi lapis paling sedikit diperoleh dari kultivar Biru sebanyak 0,56 kg/100 tanaman dan Pilip sebanyak 0,62 kg/100 tanaman yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan. Hasil ini sesuai dengan hasil pengamatan intensitas penyakit dan perhitungan laju infeksi, bahwa kultivar Biru dan Pilip yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan menunjukkan intensitas penyakit yang tinggi dan laju infeksi yang cepat menyebabkan hasil umbi yang diperoleh sedikit.

Tabel 11. Hasil Umbi Lapis Kering 6 Kultivar Bawang Merah yang Ditanam di 4 Lahan yang Memiliki Jenis Tanah Berbeda pada Musim Hujan dan Kemarau

Musim	Kultivar	Hasil umbi lapis kering (kg/100 tanaman)			
		Lahan Pasir Bantul Regosol	Lahan Sawah Bantul Regosol	Lahan Sawah Brebes Aluvial	Lahan Sawah Nganjuk Vertisol
Hujan	Pilip	3,69 klm	3,33 lmn	3,28 lmn	0,62 r
	Bauji	3,64 klm	2,17 opq	2,70 mnop	1,68 q
	Tiron	7,75 efgh	8,21 defgh	7,83 efgh	4,24 jkl
	Biru	4,46 jk	2,47 nopq	5,59 i	0,56 r
	Kuning	5,92 i	5,45 i	6,18 i	1,93 pq
	Bima	3,12 mno	4,32 jkl	5,17 ij	3,33 lmn
Kemarau	Pilip	7,16 gh	10,68 ab	7,96 efgh	8,12 defgh
	Bauji	7,15 h	9,93 bc	7,94 efgh	7,63 efgh
	Tiron	7,36 fgh	10,85 ab	8,13 defgh	7,95 efgh
	Biru	7,48 efgh	11,19 a	8,58 de	8,07 defgh
	Kuning	9,08 cd	11,02 a	8,28 defg	7,98 efgh
	Bima	8,46 def	10,86 ab	8,18 defgh	7,23 gh

Keterangan:

Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak ganda Duncan

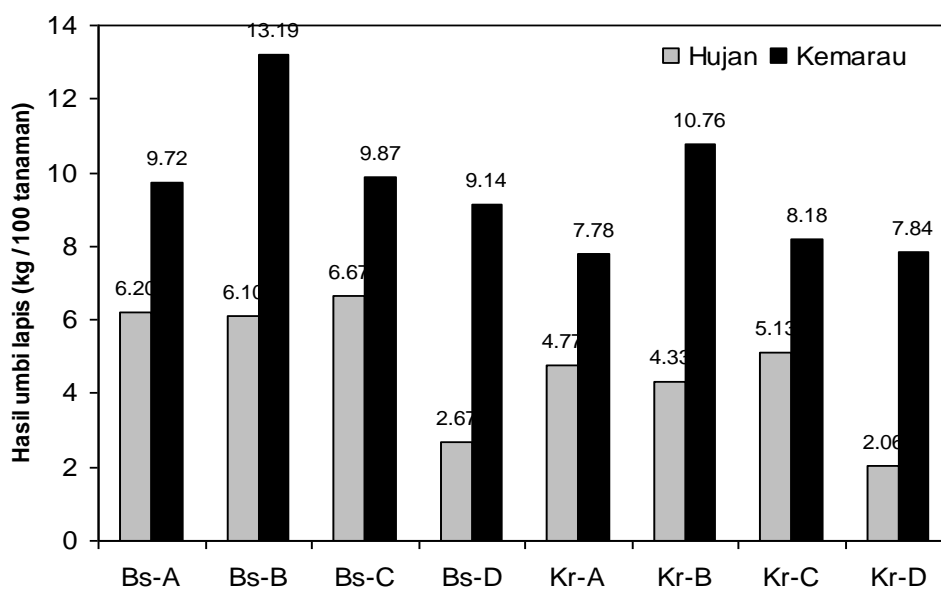
Hasil umbi lapis bawang merah kering terbanyak diperoleh dari kultivar Biru sebanyak 11,19 kg/100 tanaman dan Kuning sebanyak 11,02 kg/100 tanaman yang ditanam di lahan sawah Bantul pada musim kemarau. Hasil ini berkebalikan dengan hasil pengamatan intensitas penyakit moler, yaitu intensitas penyakit terendah terjadi pada kultivar Tiron yang ditanam di lahan sawah Brebes pada musim kemarau. Hal tersebut dikarenakan sifat ketahanan yang tinggi terhadap penyakit tidak diikuti sifat kemampuan berproduksi tinggi. Kultivar Tiron yang telah diketahui mempunyai ketahanan terhadap penyakit moler lebih tinggi dibandingkan kultivar lain, ternyata tidak menghasilkan umbi lapis paling banyak ketika ditanam pada musim kemarau, pada saat epidemi penyakit moler tidak berkembang. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil umbi lapis yang tinggi sebaiknya tidak menanam kultivar Tiron pada musim kemarau.

Kultivar Biru diketahui memberikan kuantitas hasil umbi lapis yang tinggi namun kultivar ini tidak tahan penyakit moler ketika ditanam pada musim hujan, sehingga sebaiknya ditanam pada musim kemarau. Kondisi lingkungan di lahan sawah Bantul pada musim kemarau mendukung untuk pertumbuhan kultivar tersebut.

Fehr (1987) menyatakan bahwa kultivar unggul biasanya mempunyai sifat agronomi unggul seperti hasil produksi yang tinggi, namun biasanya salah satu sifat misalnya ketahanan terhadap suatu penyakit akan kalah. Dalam hal ini perlu diperhatikan bahwa kondisi lingkungan akan mempengaruhi kedua sifat tersebut, karena sifat ketahanan merupakan pengaruh bersama gen-gen yang mengendalikan yang dimiliki oleh suatu tanaman dan interaksinya dengan lingkungan.

Gambar 10 memperlihatkan hasil umbi lapis bawang merah basah dan kering dari semua kultivar yang ditanam di semua lahan pada musim

hujan dan kemarau. Pada musim kemarau, setiap 100 tanaman basah bisa menghasilkan umbi 9,14-13,19 kg, dan setiap 100 tanaman kering menghasilkan 7,78-10,76 kg umbi. Hasil tertinggi umbi lapis basah 13,19 kg dan umbi kering 10,76 kg dari semua kultivar diperoleh dari lahan sawah Bantul pada musim kemarau. Pada musim hujan, setiap 100 tanaman basah hanya menghasilkan umbi lapis 2,67-6,67 kg, dan setiap 100 tanaman kering hanya menghasilkan 2,06-5,13 kg umbi lapis. Hasil terendah umbi lapis basah 2,67 kg dan umbi lapis kering 2,06 kg diperoleh dari lahan sawah Nganjuk pada musim hujan. Hasil tersebut, sesuai dengan hasil pengamatan intensitas penyakit moler, yaitu intensitas terendah terjadi di lahan sawah Bantul pada musim kemarau dan intensitas tertinggi terjadi di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan. Intensitas penyakit yang tinggi menyebabkan tanaman rusak dan tidak dapat menghasilkan umbi lapis.



Gambar 10. Histogram hasil umbi lapis bawang merah basah (Bs) dan kering (Kr) yang ditanam di lahan pasir Bantul (A), lahan sawah Bantul (B), lahan sawah Brebes (C), dan lahan sawah Nganjuk (D) pada musim hujan (H) dan musim kemarau (K)

6. Hubungan antara Hasil Umbi Lapis Bawang Merah dan Intensitas Penyakit Moler

Ambang kerusakan penyakit, yaitu kerusakan terendah yang dapat menimbulkan penurunan hasil baik kuantitas maupun kualitas, belum populer dalam pengelolaan penyakit. Hubungan tersebut sangat tergantung dengan toleransi tanaman inang, umur tanaman saat mulai terjadi serangan, dan perkembangan penyakit selanjutnya (Suhardi, 1996).

Hubungan antara intensitas penyakit moler pada saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu (periode inkubasi penyakit moler) dengan hasil umbi lapis kering semua kultivar untuk masing-masing lahan, pada musim hujan dan kemarau, dapat digambarkan dengan persamaan regresi seperti tertera pada Tabel 12.

Tabel 12. Persamaan Regresi yang Menunjukkan Hubungan antara Intensitas Penyakit Moler dan Hasil Umbi Lapis Kering Bawang Merah di 4 Lahan pada Musim Hujan dan Kemarau

Lahan	Persamaan regresi	
	Musim hujan	Musim Kemarau
Pasir Bantul	$Y = 6,18 - 0,07X$ ($r = -0,68$)	$Y = 8,63 - 0,12X$ ($r = -0,65$)
Sawah Bantul	$Y = 6,35 - 0,06X$ ($r = -0,76$)	$Y = 10,92 - 0,18X$ ($r = -0,30$)
Sawah Brebes	$Y = 7,07 - 0,10X$ ($r = -0,77$)	$Y = 8,21 - 0,06X$ ($r = -0,06$)
Sawah Nganjuk	$Y = 6,20 - 0,06X$ ($r = -0,93$)	$Y = 8,38 - 0,06X$ ($r = -0,58$)

Keterangan:

Y: hasil umbi lapis bawang merah kering

X: intensitas penyakit moler

r : koefisien korelasi

Dengan persamaan regresi seperti tersebut di atas, dapat diduga pada musim hujan bila pada saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu (periode inkubasi penyakit moler) tidak ada serangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, hasil umbi lapis bawang merah kering untuk lahan pasir

Bantul, sawah Bantul, sawah Brebes, dan sawah Nganjuk berturut-turut mencapai 6,18 kg/100 tanaman, 6,35 kg/100 tanaman, 7,07 kg/100 tanaman, dan 6,20 kg/100 tanaman. Namun, apabila ada serangan dengan intensitas penyakit moler mencapai 10%, dan perkembangan penyakit selanjutnya dengan laju infeksi seperti yang tertera pada Tabel 10, maka hasil umbi lapis berturut-turut menjadi 5,48 kg/100 tanaman, 5,75 kg/100 tanaman, 6,07 kg/100 tanaman, dan 5,60 kg/100 tanaman.

Hasil umbi lapis bawang merah kering pada musim kemarau untuk lahan pasir Sanden Bantul, sawah Sanden Bantul, sawah Larangan Brebes, dan sawah Nganjuk, bila saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu tidak ada penyakit moler berturut-turut mencapai 8,63 kg/100 tanaman, 10,92 kg/100 tanaman, 8,21 kg/100 tanaman, dan 8,38 kg/100 tanaman. Bila intensitas penyakit moler mencapai 10% hasil umbi lapis berturut-turut 7,43 kg/100 tanaman, 9,12 kg/100 tanaman, 7,61 kg/100 tanaman, dan 7,78 kg/100 tanaman.

Nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh menunjukkan hubungan yang lebih erat antara perlakuan yaitu macam lahan (jenis tanah dan pola pergiliran tanaman) dengan respon tanaman yaitu hasil umbi lapis pada musim hujan dibandingkan pada musim kemarau. Pada musim hujan nilai r tertinggi diperoleh di lahan sawah Nganjuk, hal ini berarti kondisi lahan sawah Nganjuk pada musim hujan memberikan pengaruh yang paling besar terhadap perkembangan penyakit moler dibandingkan lahan lain.

Pada musim kemarau nilai r tertinggi diperoleh di lahan pasir Bantul, yang berarti pada musim kemarau kondisi lahan pasir Bantul memberikan pengaruh paling besar terhadap perkembangan penyakit moler dibandingkan lahan lain. Hal ini diduga karena suhu udara dan suhu tanah yang lebih tinggi, kelembapan udara yang lebih rendah, serta adanya kandungan garam yang tinggi di air dan udara sekitar

pertanaman bawang merah menyebabkan predisposisi sehingga tanaman lebih mudah terserang *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*. Nilai koefisien korelasi untuk lahan pasir Bantul pada musim hujan dan musim kemarau hampir sama. Hal ini dikarenakan kondisi kelembapan tanah di lahan pasir yang dapat mendukung kehidupan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* bukan disebabkan oleh jenis atau tekstur tanah tetapi lebih karena penggunaan mulsa berupa jerami dan sekam padi yang ditanamkan ke dalam pasir.

Hubungan antara intensitas penyakit moler pada saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu (periode inkubasi penyakit moler) dengan hasil umbi lapis kering untuk masing-masing kultivar di semua lahan pada musim hujan dan kemarau, digambarkan dengan persamaan regresi seperti tertera pada Tabel 13.

Tabel 13. Persamaan Regresi yang Menunjukkan Hubungan antara Intensitas Penyakit Moler dan Hasil Umbi Lapis Kering Bawang Merah Kultivar Pilip, Bauji, Tiron, Biru, Kuning, dan Bima di Semua Lahan pada Musim Hujan dan Kemarau

Kultivar	Persamaan regresi	
	Musim hujan	Musim kemarau
Pilip	$Y = 4,98 - 0,04X$ ($r = -0,83$)	$Y = 9,13 - 0,18X$ ($r = -0,48$)
Bauji	$Y = 4,42 - 0,04X$ ($r = -0,71$)	$Y = 9,14 - 0,13X$ ($r = -0,80$)
Tiron	$Y = 8,20 - 0,11X$ ($r = -0,89$)	$Y = 9,03 - 0,21X$ ($r = -0,38$)
Biru	$Y = 6,15 - 0,05X$ ($r = -0,88$)	$Y = 9,51 - 0,14X$ ($r = -0,61$)
Kuning	$Y = 6,54 - 0,06X$ ($r = -0,85$)	$Y = 9,65 - 0,16X$ ($r = -0,36$)
Bima	$Y = 4,45 - 0,02X$ ($r = -0,39$)	$Y = 9,54 - 0,22X$ ($r = -0,57$)

Keterangan:

Y: hasil umbi lapis kering bawang merah

X: intensitas penyakit moler

r : koefisien korelasi

Hasil umbi bawang merah kering tertinggi pada musim hujan, baik tidak ada maupun ada serangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* saat tanaman berumur lebih kurang 3 minggu, dicapai oleh kultivar Tiron. Namun pada musim kemarau, baik tidak ada maupun ada serangan, hasil tertinggi dicapai oleh kultivar Biru. Hasil ini mendukung data bahwa kultivar Tiron merupakan kultivar yang tahan hujan dan serangan *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, namun produksinya masih lebih rendah dibanding kultivar lain bila ditanam pada musim kemarau. Oleh karena itu sebaiknya, pada musim hujan kultivar yang ditanam adalah Tiron, sedangkan pada musim kemarau menanam kultivar Biru

Nilai koefisien korelasi (r) yang relatif tinggi pada musim hujan menunjukkan bahwa pemilihan kultivar pada musim hujan sangat mempengaruhi hasil umbi lapis. Nilai r tertinggi diperoleh pada kultivar Tiron, sesuai dengan persamaan regresinya hal tersebut berarti bahwa pada musim hujan apabila menanam kultivar Tiron akan memperoleh hasil umbi lapis yang paling tinggi. Pada musim kemarau nilai r tertinggi diperoleh pada kultivar Bauji, hal ini menunjukkan bahwa penanaman kultivar tersebut pada musim kemarau memberikan pengaruh paling besar terhadap hasil umbi lapis.

VII. UPAYA PENGELOLAAN EPIDEMI PENYAKIT MOLER

1. Lahan yang Sesuai untuk Penanaman Bawang Merah

Bawang merah dapat tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian 800 m di atas permukaan laut (dpl), namun pertumbuhan optimalnya terjadi di daerah 1 – 250 m dpl. Untuk menghasilkan umbi lapis, suhu yang cocok 25,0 – 30,0°C, kelembapan nisbi udara antara 80 – 90%, curah hujan 2.300 – 2.500 mm/tahun atau 100 – 200 mm/bulan, tanah gembur, subur, banyak mengandung bahan organik, cukup menyediakan air, aerasinya baik, tidak becek, dan pH berkisar 6,0 – 6,8.

Lahan pertanian bawang merah di 3 daerah sentra produksi yaitu Bantul, Brebes, dan Nganjuk terletak pada ketinggian tempat 0 – 100 m dpl. Lahan tersebut umumnya berupa lahan sawah. Namun demikian, pada 5 tahun terakhir penanaman bawang merah mulai banyak dilaksanakan di lahan pasir, seperti yang dilakukan para petani di daerah pesisir selatan Kabupaten Bantul.

Penanaman bawang merah di lahan pasir dapat berhasil dilakukan, namun memerlukan pupuk organik dan anorganik yang lebih banyak, pemulsaan, penyiraman yang lebih sering terutama pada musim kemarau, serta pemeliharaan yang intensif. Hal tersebut dikarenakan lahan pasir miskin hara dan bahan organik, sangat porus, suhu permukaan tanah tinggi, serta adanya tiupan angin kencang yang membawa partikel-partikel garam dapat berpengaruh kurang baik bagi pertumbuhan tanaman.

Lahan sawah untuk pertanian bawang merah di beberapa daerah, berbeda jenis tanahnya, lahan sawah di Kabupaten Bantul memiliki jenis tanah Regosol, di Kabupaten Brebes berjenis Aluvial, dan di Kabupaten Nganjuk berjenis Vertisol. Jenis tanah Regosol umumnya mengandung

bahan yang belum atau masih baru mengalami pelapukan, dengan tekstur kasar atau pasiran, struktur kersai atau remah, dengan pH 6,0-7,0, porositasnya tinggi, dan belum membentuk agregat. Tanah Aluvial meliputi lahan yang sering atau baru saja mengalami banjir, sifat bahan-bahannya tergantung pada kekuatan banjir dan macam bahan yang diangkut dengan pH 7,7 - 8,1. Jenis tanah Vertisol merupakan tanah lempung berwarna kelam yang bersifat fisik berat, struktur lapisan atas granuler, terdiri atas bahan-bahan yang sudah mengalami pelapukan, serta mengandung kapur, dengan pH 6,0-8,2.

2. Pola Pergiliran Tanaman yang Sesuai dalam Upaya Pengelolaan Epidemi Penyakit Moler

Terdapat beberapa pola pergiliran tanaman yang berbeda di masing-masing daerah sentra produksi bawang merah. Di lahan pasir Bantul penanaman bawang merah dilakukan 3 kali dalam setahun dan hanya sekali digilir dengan semangka, sayuran, atau cabai, tidak dapat dilakukan pergiliran dengan padi (Pola A). Pergiliran dengan padi umumnya dilakukan di lahan sawah (Pola B, C1, C2, D1, dan D2). Beberapa petani di daerah Nganjuk tidak melakukan pergiliran dengan padi, penanaman bawang merah hanya digilir dengan tanaman sayur (Pola D3), bahkan ada yang menanam bawang merah terus-menerus (Pola D4).

Pergiliran tanaman bawang merah dengan padi dilakukan petani sehubungan dengan ketersediaan air di masing-masing daerah, khususnya pada musim hujan. Namun, ada juga petani yang tidak melakukan pergiliran dengan padi meskipun air tersedia. Menurut PPL di Kabupaten Nganjuk, lahan sawah yang terus menerus ditanami bawang merah atau hanya digilir dengan tanaman sayuran tidak digilir dengan tanaman padi, biasanya milik petani yang enggan atau tidak

mempunyai cukup tenaga dan biaya untuk membongkar bedengan dan mengolah tanah untuk menanam padi. Namun, banyak pula petani yang tidak mau melakukan pergiliran dengan padi karena alasan keuntungan usaha tani bawang merah yang cukup tinggi.

Untuk daerah Nganjuk, pola pergiliran tanaman Padi-Kedelai-Bawang Merah-Bawang Merah merupakan pergiliran paling ideal untuk mendapat hasil yang optimal, tetapi cara tersebut seringkali tidak dipatuhi karena petani ingin mendapatkan keuntungan besar dari bawang merah. Padahal jika diperhitungkan dengan cermat kerugian juga lebih banyak, selain hasilnya tidak memuaskan karena kondisi tanah semakin berkurang kesuburannya, siklus kehidupan organisme pengganggu tanaman tidak terputus.

Tidak dilakukannya pergiliran dengan padi, yang berarti kurang dilakukan pengolahan tanah secara intensif di lahan-lahan yang akan digunakan untuk penanaman bawang merah, akan mempengaruhi perkembangan penyakit moler di lahan tersebut. Hal ini dikarenakan propagul *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* yang terdapat di dalam tanah, tidak terangkat ke atas dan terkena cahaya matahari, sehingga dapat bertahan lama. Pengolahan tanah akan mengurangi jumlah propagul jamur tersebut di dalam tanah.

Pergiliran tanaman dengan dua tanaman atau lebih yang tahan terhadap suatu patogen atau bukan inangnya, akan memberikan efek menurunnya ketersediaan makanan, sehingga dapat menurunkan populasi patogen tersebut yang berarti menekan inokulum awal (X_0). Pergiliran dengan padi di lahan bawang merah akan memutus siklus hidup *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* sehingga mengurangi jumlah propagul di dalam tanah.

Hasil pengamatan intensitas penyakit moler di 3 daerah sentra produksi bawang merah menunjukkan, intensitas penyakit tertinggi pada

musim hujan 30,00% dan musim kemarau 15,00% terdapat di lahan pertanian di Kecamatan Sukomoro Kabupaten Nganjuk. Lahan tersebut berupa lahan sawah yang berjenis tanah Vertisol dan tidak pernah dilakukan pergiliran dengan padi hanya digilir dengan sayuran lain. Hal ini diduga ada hubungannya dengan perlakuan penggenangan sawah dengan air untuk menanam padi yang akan menurunkan kemampuan hidup jamur *F. oxysporum* f.sp. *cepae*, penyebab penyakit moler di dalam tanah. Intensitas terendah pada musim hujan sebesar 13,75% terjadi di pertanian di Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes. Hal ini dikarenakan lahan pertanian di daerah tersebut umumnya ditanami bawang merah yang digilir dengan padi, sehingga dapat menurunkan kemampuan hidup *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit moler.

Dengan demikian dalam upaya pengelolaan penyakit moler maka sebaiknya penanaman bawang merah di lahan sawah perlu digilir dengan padi atau dilakukan rotasi dengan tanaman lain yang bukan satu famili, dan lahan untuk pertanian bawang merah sebaiknya diolah secara intensif terlebih dahulu, agar propagul *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dapat berkurang sebelum lahan tersebut digunakan untuk menanam bawang merah. Pengelolaan penyakit dengan menghilangkan atau mengurangi sumber penular seperti tersebut, secara epidemiologi berarti mengusahakan agar X_0 (populasi patogen pada permulaan) dalam rumus epidemiologi van der Plank ditekan sekecil-kecilnya.

3. Pemilihan Waktu Tanam Bawang Merah pada Cuaca yang Sesuai dalam Upaya Pengelolaan Epidemi Penyakit Moler

Penyakit moler ditemukan di semua daerah sentra produksi bawang merah pada musim hujan dengan intensitas penyakit bervariasi 13,75 – 30,00%, sebaliknya pada musim kemarau penyakit hanya ditemukan di

lahan pasir Kecamatan Sanden Bantul, Kecamatan Sukomoro Nganjuk, dan Kecamatan Larangan Brebes dengan rerata intensitas penyakit 0,75 - 15,00%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan di musim hujan mempengaruhi perkembangan penyakit moler. Ketersediaan air adalah faktor lingkungan paling penting yang mempengaruhi perkembangan penyakit. Pengaruh curah hujan dan air yang mengalir merupakan faktor penting dalam penyebaran propagul patogen.

Hasil pengamatan kajian epidemi penyakit moler di lahan menunjukkan periode inkubasi penyakit moler tercepat terjadi 12,17 dan 12,50 hari setelah tanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, sedangkan periode inkubasi terlama yaitu 50 hari setelah tanam di lahan sawah Bantul dan Brebes pada musim kemarau. Banyak tanaman tidak menunjukkan gejala hingga panen pada musim kemarau. Hasil pengukuran anasir cuaca menunjukkan, rerata suhu tanah dan suhu udara di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan pada saat awal pertumbuhan tanaman (berumur 1-10 hari) masing-masing sebesar 25,9°C dan 29,5°C, suhu tersebut paling rendah dibandingkan suhu di lahan lain yang besarnya berkisar 25,9 - 26,8°C dan 29,9 - 30,4°C. Diduga kondisi tersebut memicu perkembangan penyakit moler yang cepat di lahan sawah Nganjuk, ditunjukkan dengan periode inkubasi yang hanya sekitar 12 hari.

Rerata intensitas penyakit moler tertinggi 77,90% dan 74,47% terjadi di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, sedangkan intensitas penyakit terendah 0,29% dan 1,60% terjadi di lahan sawah Brebes pada musim kemarau. Nilai intensitas penyakit moler 77,90% dan 74,47% termasuk serangan berat, sedangkan nilai intensitas penyakit moler 0,29% dan 1,60% termasuk serangan ringan. Dengan demikian serangan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* pada bawang merah yang menyebabkan penyakit moler di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, perlu mendapat

perhatian dan pengelolaan yang serius karena menimbulkan kerusakan yang berat. Pada musim hujan, aliran air hujan dapat menjadi media yang efektif untuk penyebaran inokulum *F. oxysporum* f.sp. *cepae* di lahan pertanaman bawang merah. Kondisi cuaca di Nganjuk pada musim hujan saat pengujian adalah kisaran suhu udara 27,3–31,8°C dengan rerata 29,4°C, kisaran kelembapan udara 74,0–89,0% dengan rerata 82,4%, kisaran suhu tanah 24,1–28,3°C dengan rerata 26,6°C, dan curah hujan 9,3 mm/hari. Suhu udara di Nganjuk paling rendah, tetapi kelembapan udara, suhu tanah, dan curah hujan relatif lebih tinggi dibanding di lahan lain. Suhu tanah di Bantul juga tinggi yaitu 27,8–28,5°C dengan rerata 26,6°C, tetapi curah hujan rendah hanya 2,8 mm/hari. Curah hujan di Brebes tinggi yaitu 9,7 mm/hari, tetapi suhu tanahnya relatif rendah yaitu 22,4–27,8°C dengan rerata 24,5°C. Dengan demikian diduga kombinasi suhu tanah dan curah hujan yang tinggi merupakan kondisi cuaca yang sesuai untuk perkembang-biakan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, sehingga epidemi penyakit moler dapat berkembang dengan baik.

Selain berpengaruh secara langsung, unsur cuaca curah hujan juga memberikan pengaruh tidak langsung yang nyata terhadap intensitas penyakit, melalui kelembapan udara. Unsur cuaca kelembapan udara sendiri menunjukkan pengaruh langsung yang relatif rendah atau secara langsung kurang berpengaruh terhadap intensitas penyakit. Namun, mempunyai pengaruh total dan pengaruh tidak langsung melalui akumulasi curah hujan yang cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa adanya curah hujan yang tinggi yang terus menerus selama musim tanam bawang merah akan menyebabkan kelembapan udara yang tinggi di sekitar pertanaman. Kondisi tersebut memicu perkembangan epidemi penyakit moler.

Dari semua unsur cuaca yang diamati, akumulasi curah hujan merupakan unsur cuaca yang memberikan pengaruh paling dominan terhadap intensitas penyakit moler. Dengan demikian penanaman bawang merah pada musim hujan perlu mendapat perhatian serius. Apabila dimungkinkan perlu menggeser waktu penanaman bawang merah, dengan mempercepat atau menunda waktu tanam. Untuk itu para petani perlu memperhatikan dan memanfaatkan informasi mengenai ramalan cuaca yang disampaikan oleh pihak yang berwenang. Begitu juga diharapkan, pemerintah dapat lebih memasyarakatkan pemanfaatan informasi ramalan cuaca untuk pengelolaan pertanian.

Suhu tanah juga memberikan pengaruh langsung yang nyata terhadap besarnya intensitas penyakit moler. Suhu tanah juga memberikan pengaruh tidak langsung yang nyata melalui kelembapan udara. Suhu tanah mempengaruhi kelembapan udara di sekitar pertanaman, apabila suhu tanah tinggi maka kelembapan udara rendah, dan sebaliknya.

Dengan demikian, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kombinasi suhu tanah dan curah hujan yang tinggi yang mempengaruhi kelembapan udara di sekitar pertanaman merupakan kondisi cuaca yang kurang cocok untuk pertumbuhan tanaman bawang merah, tetapi kondisi tersebut sesuai untuk perkembangbiakan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, sehingga epidemi penyakit moler dapat berkembang dengan baik.

Secara epidemiologi, pemilihan waktu tanam merupakan langkah-langkah untuk menekan X_0 (populasi patogen pada permulaan), dan pada batas-batas tertentu memajukan saat penanaman berarti menekan sekecil-kecilnya t (waktu berkembangnya penyakit) dalam rumus epidemiologi van der Plank.

4. Penggunaan Kultivar Tahan dalam Upaya Pengelolaan Epidemi Penyakit Moler

Hasil pengamatan intensitas penyakit moler di 3 daerah sentra produksi menunjukkan intensitas penyakit tertinggi 33,29% terjadi pada kultivar Pilip yang ditanam pada musim hujan, dan terendah 0,31% pada kultivar Tiron yang ditanam pada musim kemarau. Kultivar Pilip dapat memproduksi umbi hingga 17,60 ton/ha, tetapi ditetapkan untuk kultivar dataran rendah musim kemarau. Belum diketahui ketahanan kultivar tersebut terhadap hujan dan penyakit moler, sehingga tidak dianjurkan ditanam pada musim hujan. Dari hasil wawancara dengan petani dan PHP, sebenarnya petani sudah mengetahui bahwa kultivar Pilip tidak tahan hujan dan penyakit moler, namun karena produksinya tinggi masih banyak petani yang tetap menanam kultivar tersebut pada musim hujan.

Kultivar Tiron diketahui tahan terhadap hujan dan dianjurkan untuk ditanam pada musim penghujan, namun belum diketahui ketahanannya terhadap penyakit moler. Hasil survei menunjukkan, intensitas penyakit moler pada kultivar tersebut pada musim hujan relatif rendah hanya 9,94%. Dari hasil tersebut dapat dikemukakan bahwa kultivar Tiron lebih tahan terhadap penyakit moler. Kultivar Bauji ditetapkan sebagai kultivar yang agak tahan terhadap *Fusarium*, dan dianjurkan untuk ditanam pada musim hujan. Dengan demikian tidak ada petani yang menanam kultivar tersebut pada musim kemarau. Intensitas penyakit moler pada kultivar Bauji pada musim hujan sebesar 18,00% masih termasuk kategori ringan.

Hasil pengamatan kajian epidemi penyakit moler menunjukkan rerata periode inkubasi penyakit moler untuk semua kultivar yang ditanam pada musim hujan sebesar 20,34 hari, dengan periode inkubasi tercepat 17,16 hari dijumpai pada kultivar Biru, dan terlama 24,83 hari dijumpai pada kultivar Tiron. Rerata periode inkubasi penyakit untuk semua kultivar pada musim kemarau lebih lama dari musim hujan yaitu sebesar

35,37 hari, periode inkubasi terlama 36,16 hari dijumpai pada kultivar Pilip, dan tercepat 35,50 hari dijumpai pada kultivar Bauji dan Kuning. Hasil di atas menunjukkan, bahwa pada musim yang sama perbedaan kultivar menyebabkan perbedaan periode inkubasi penyakit moler.

Dengan demikian diduga kombinasi suhu tanah dan curah hujan yang tinggi merupakan kondisi cuaca yang kurang cocok untuk pertumbuhan kultivar Pilip dan Biru yang diketahui tidak tahan hujan. Namun kondisi tersebut sesuai untuk berkembang-biakan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae*, sehingga epidemi penyakit moler dapat berkembang dengan baik.

Laju infeksi tertinggi sebesar 1,00 unit/minggu terjadi pada kultivar Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, dan paling rendah 0,00-0,04 unit/minggu pada beberapa kultivar yang ditanam di lahan sawah selain lahan sawah Nganjuk pada musim hujan, dan pada semua kultivar yang ditanam di semua lahan pada musim kemarau. Semakin tinggi laju infeksi maka semakin pendek periode perkembangan penyakit yang berarti semakin cepat terjadi epidemi penyakit. Laju infeksi yang tinggi pada kultivar Biru yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan memperlihatkan bahwa perkembangan epidemi penyakit moler pada kultivar Biru sangat cepat, karena kultivar Biru merupakan kultivar yang tidak mempunyai ketahanan kuantitatif atau rentan terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* apabila ditanam pada kondisi lingkungan mendukung untuk perkembangan penyakit moler. Laju infeksi penyakit moler pada kultivar Tiron di semua lahan baik musim hujan maupun kemarau relatif paling rendah dibandingkan kultivar lain. Hal ini menunjukkan bahwa kultivar Tiron mempunyai ketahanan kuantitatif yang lebih tinggi dibandingkan kultivar lain.

Kultivar Biru dan Pilip yang ditanam di lahan sawah Nganjuk pada musim hujan menunjukkan intensitas penyakit yang tinggi dan laju infeksi yang cepat menyebabkan hasil umbi yang diperoleh sedikit. Kultivar Biru diketahui memberikan kuantitas hasil umbi lapis yang tinggi namun kultivar ini tidak tahan penyakit moler ketika ditanam pada musim hujan, sehingga sebaiknya ditanam pada musim kemarau. Kondisi lingkungan di lahan sawah Bantul pada musim kemarau mendukung untuk pertumbuhan kultivar tersebut.

Kultivar Tiron yang telah diketahui mempunyai ketahanan terhadap penyakit moler lebih tinggi dibandingkan kultivar lain, ternyata tidak menghasilkan umbi lapis paling banyak ketika ditanam pada musim kemarau, pada saat epidemi penyakit moler tidak berkembang. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil umbi lapis yang tinggi sebaiknya tidak menanam kultivar Tiron pada musim kemarau. Atau sebaiknya, pada musim hujan kultivar yang ditanam adalah Tiron, sedangkan pada musim kemarau menanam kultivar Biru atau Pilip.

VIII. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perumusan masalah dan pembahasan di muka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Penyakit moler terdapat di 3 daerah sentra produksi bawang merah yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Brebes, Kabupaten Nganjuk, dan bersifat epidemik pada musim hujan, namun pada musim kemarau penyakit tersebut bersifat endemik di beberapa wilayah saja.
2. Agihan penyakit moler di lahan mengelompok dengan batas tegas. Hal ini menunjukkan bahwa penyebab penyakitnya merupakan jamur terbawa tanah.
3. Intensitas dan laju infeksi penyakit moler tertinggi menyebabkan hasil umbi lapis terendah pada kultivar Biru, yang ditanam di lahan sawah Nganjuk yang berjenis tanah Vertisol, dan tidak pernah dilakukan pergiliran dengan padi pada musim hujan.
4. Kombinasi suhu tanah dan curah hujan yang tinggi, merupakan kondisi cuaca yang paling berpengaruh terhadap perkembangan penyakit moler pada bawang merah di lahan.
5. Kultivar Tiron merupakan kultivar yang lebih tahan terhadap penyakit moler di berbagai kondisi lahan dan musim dibandingkan kultivar Pilip, Bauji, Biru, Kuning, dan Bima.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan disarankan sebagai berikut.

1. Penanaman kultivar bawang merah sebaiknya disesuaikan dengan musim yang sedang berlangsung. Pada musim hujan sebaiknya jangan menanam kultivar Pilip dan Biru.
2. Penanaman bawang merah di lahan sawah perlu digilir dengan padi, dan lahan untuk pertanaman bawang merah sebaiknya diolah secara intensif terlebih dahulu, agar propagul *F. oxysporum* f.sp. *cepae* dapat berkurang sebelum lahan tersebut digunakan untuk menanam bawang merah.
3. Perlu ada kerjasama antara ahli fitopatologi dan ahli pemulia tanaman untuk mendapatkan lebih banyak kultivar-kultivar yang tahan terhadap penyakit moler di berbagai kondisi lahan dan musim.
4. Petani perlu lebih memperhatikan perubahan kondisi lingkungan khususnya cuaca dengan memanfaatkan informasi ramalan cuaca dari instansi yang berwenang, untuk menentukan waktu tanam bawang merah yang tepat.
5. Pemerintah perlu lebih memasyarakatkan pemanfaatan informasi ramalan cuaca untuk pengelolaan pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G.N., 1997. *Plant Pathology*. Academic Press. San Diego.
- Allen, S. & D. Nehl., 1997. Soil-Borne Inoculum. *Dalam* J.F. Brown & H.J. Ogle, eds. *Plant Pathogen and Plant Disease* Rockvale Publications. Armidale. 219 – 230.
- Anonim, 2004. *Sertifikasi Benih Bawang Merah*. Direktorat Perbenihan, Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura. Jakarta.
- _____, 2005a. *Survei Pertanian. Produksi Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan*. Biro Pusat Statistik. Jakarta.
- _____, 2005b. *Statistik Indonesia*. Biro Pusat Statistik. Jakarta.
- _____, 2005c. *Daerah Istimewa Yogyakarta Dalam Angka*. Biro Pusat Statistik, Provinsi DIY. Yogyakarta.
- _____, 2005d. *Kabupaten Nganjuk Dalam Angka*. Biro Pusat Statistik dan Bappeda Kabupaten Nganjuk. Nganjuk.
- _____, 2005e. *Jawa Tengah Dalam Angka*. Biro Pusat Statistik, Provinsi Jawa Tengah. Semarang.
- _____, 2007. *Produksi Bawang Merah di Kabupaten Nganjuk*. Dinas Informasi dan Komunikasi Pemda Jatim. (On-line).
<http://www.d-infokom-jatim.go.id/news.php?id=1896> diakses 2 Mei 2007.
- Bockus, W.W. & J.P. Shroyer, 1998. The Impact of Reduced Tillage on Soilborne Plant Pathogens. *Annual Review Phytopathology* 36: 485 – 500.
- Booth, C., 1971. *The Genus Fusarium*. The Eastern Press Limited. London.
- Brown, J., 1997. Survival and Dispersal of Plant Parasites: General Concepts. *Dalam* J.F. Brown & H.J. Ogle, eds. *Plant Pathogen and Plant Disease* Rockvale Publications. Armidale. 196 – 206.

- Campbell, C. L. & D. A. Neher, 1996. Challenges, Opportunities, and Obligations in Root Disease Epidemiology and Management. Dalam R. Hall, ed. *Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens*. APS Press. Minnesota. 20 – 49.
- Chakraborty, S. & I. B. Pangga, 2004. Plant Disease and Climate Change. Dalam M. Gillings & A. Holmes, eds. *Plant Microbiology*. Bios Scientific Publishers. Abingdon, London. 163 – 180.
- Chalifah, A. 2003. Beragribisnis yang Lestari di Lahan Pasir Pantai. <http://www.pemdadiy.go.id/berita/mod/fileman/files/BERTANI.pdf> diakses 30 Agustus 2007.
- Cramer, C.S., 2006. Fusarium Basal Plate Rot. <http://www.springerlink.com/content/w67611w8234680v/> diakses 2 Mei 2007
- Curl, E.A., 1982. The Rhizosphere: Relation to Pathogen Behavior and Root Disease. *Plant Disease* 66 (7): 624 – 630.
- Darmawijaya, M.I., 1980. *Klasifikasi Tanah*. Balai Penelitian Teh dan Kina, Gambung. Bandung.
- Duriat, A.S., T.A., Soetrisno, L. Prabaningrum, & R. Sutarya, 1994. *Penerapan Pengendalian Hama Penyakit Terpadu Pada Budidaya Bawang Merah*. Balai Penelitian Hortikultura, Lembang.
- Fehr, W. R., 1987. *Principles of Cultivar Development*. Vol. 1. McMillan Publishing Co. New York.
- Frantzen, J., 2000. Resistance in Populations. Dalam A.J. Slusarenko, R.S.S. Fraser, & L.C. van Loon, eds. *Mechanisms of Resistance to Plant Disease*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 161 – 187.
- Gardner, F.P., R.B. Pearce, dan R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Gomez, A. K. & A. A. Gomez, 1984. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

- Gregory, P. J., Lester P. S., & Colin J. P., 2000. Soil Type, Climatic Regime, and the Response of Water Use Efficiency to Crop Management. *Agronomy Journal* 92:814 – 820
- Hadisoeganda, W.W., Suryaningsih, & E. Moekasan, 1995. Penyakit dan Hama Bawang Merah. *Dalam* Anonim. *Teknologi Produksi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. 57 – 73.
- Harrison, J.G., R. Lowe, & N.A. Williams, 1994. Humidity and Fungal Disease of Plants-Problems. *Dalam* J.P. Blakeman & B Williamson, eds. *Ecology of Plant Pathogens*. CAB International. Wallingford. 79 – 100.
- Hartel, P.G., 2005. The Soil Habitat. *Dalam* D.M. Sylvia, J.J. Fuhrmann, P.G. Hartel, & D.A. Zuberer, eds. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 26 – 53.
- Havey, M.J., 1995. Fusarium Basal Plate Rot. *Dalam* Howard F.S. & S. Krishna M, eds. *Compendium of Onion and Garlic Diseases*. APS Press. Minnesota. 10 – 11.
- Heyne, K., 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia*. Yayasan Sarana Wana Jaya, Jakarta.
- Jepson, S.B., 2007. Fusarium Rot of Garlic Bulbs. http://www.bcc.orst.edu/bpp/Plant_Clinic/Garlic/Fusarium.pdf diakses 1 September 2007.
- Joffe, A.Z., 1986, *Fusarium Species : Their Biology and Toxicology*. John Wiley & Sons. New York.
- Johnson, L. F. & E. A. Curl, 1972. *Methods for Research on The Ecology of Soil-Borne Plant Pathogens*. Burgess Publishing Co. Minneapolis, Minnesota.
- Jones, J.P., & S.S. Woltz., 1981. *Fusarium*-Incited Disease of Tomato and Potato and Their Control. *Dalam* P.E. Nelson, T.A. Tousson, & R.J. Cook, eds. *Fusarium: Disease, Biology, and Taxonomy*. Pennsylvania State University Press. University Park & London. 157 – 168.

- Keane, P.J. & A. Kerr, 1997. Factors Affecting Disease Development. *Dalam* J.F. Brown & H.J. Ogle, eds. *Plant Pathogen and Plant Disease* Rockvale Publications. Armidale. 287 – 298.
- Kerr, A., 1980. Dispersal and Survival of Pathogens as Soil-borne Inoculum *Dalam* J.F. Brown & H.J. Ogle, eds. *Plant Pathogen and Plant Disease* Rockvale Publications. Armidale. 212 – 218.
- Kistler, H.C., 1997. Genetic Diversity in the Plant-Pathogenic Fungus *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* 87 (4): 474 – 478.
- Korlina, E. & Baswarsiati, 1995. Uji Ketahanan Beberapa Kultivar Bawang Merah Terhadap Penyakit Layu Fusarium. *Prosiding Konggres Nasional XIII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Mataram. 535 – 539.
- Kuruppu, P.U., 1999. First Report of *Fusarium oxysporum* Causing a Leaf Twisting Disease on *Allium cepa* var. *ascalonicum* in Sri Lanka. <http://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS.1999.83.7.695C> diakses 2 Mei 2007
- Lacy, M., 1982. Yield of Onion Cultivars in Midwestern Organic Soil Infested with *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* and *Pyrenochaeta terrestris*. *Plant Disease* 66: 1003 – 1006.
- Larkin, R.P. & D.R. Fravel, 2002. Effects of Varying Environmental Conditions on Biological Control of Fusarium Wilt of Tomato by Nonpathogenic *Fusarium* spp. *Phytopathology* 92 (11): 1160 – 1166.
- Leslie, J.F. & B.A. Summerell, 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. Ames, Iowa.
- Lockwood, J.L., 1988. Evolution of Concepts Associated with Soilborne Plant Pathogens. *Annual Review Phytopathology* 26: 93 – 121.
- Metting, F.B., 1993. Structure and Physiological Ecology of Soil Microbial Communities. *Dalam* F.B. Metting, ed. *Soil Microbial Ecology*. Marcel Dekker Inc. New York. 3 – 25.
- Ogle, H.J., A.M. Stirling, & P.J. Dart, 1993. Pathogenecity of Fungi Associated with Seedling Disease. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 33: 923 – 929

- Oka, I. N., 1993. *Pengantar Epidemiologi Penyakit Tanaman*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Putrasamedja, S. & A. H. Permadi, 2001. Varietas Bawang Merah Unggul Baru Kramat-1, Kramat-2, dan Kuning. *Jurnal Hortikultura* 11 (2):143 – 147(V).
- Rabinowitch, H. D. & J.L. Brewster, 1990. *Onions and Allied Crops. Agronomy, Biotic Interaction, Pathology, and Crop Protection*. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- Rao, N.S.S., 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Roger, D.K., 2001. Prediction Modelling of Soilborne Plant Disease. *Australasian Plant Pathology* 30: 85 – 89
- Semangun, H., 1993. Konsep dan Asas Dasar Pengelolaan Penyakit Tumbuhan Terpadu. *Prosiding Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. Yogyakarta. 1 – 23.
- _____, 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sholihah, M., 2004. *Identifikasi Penyakit Moler pada Bawang Merah*. Skripsi. Jurusan Budidaya Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Suhardi, 1996. Ambang Kerusakan Penyakit sayuran, mungkinkah Diterapkan ? *Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Jakarta*. 1021 – 1029.
- Sumarni, N. & E. Sumiati, 1995. Ekologi Bawang Merah. *Dalam Anonim. Teknologi Produksi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. 8 – 11.
- _____ & R. Rosliani, 1995. Ekologi Bawang Merah. *Dalam Anonim. Teknologi Produksi Bawang Merah*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta. 11 – 12.

- Swift, C.E., Wickliffe, E.R., & Schwartz, H.F., 2002. Vegetative Compatibility Group of *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* on Onion in Colorado. *Plant Disease* 86: 606 – 610.
- Van der Plank, J.E. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. Academic Press, New York.
- Wisnubroto, S. 1999. *Meteorologi Pertanian Indonesia*. Mitra Gama Widya. Yogyakarta.
- Wiyatiningsih, S., 2002. *Etiologi Penyakit Moler pada Bawang Merah*. Tesis. Program Studi Fitopatologi, Jurusan Ilmu Pertanian, Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- _____, S., 2007. *Kajian Epidemiologi Penyakit Moler pada Bawang Merah*. Disertasi. Program Studi Fitopatologi, Jurusan Ilmu Pertanian, Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Tidak dipublikasikan.
- Zadoks, J.C. & R.D. Schein, 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press. New York.

Lampiran 1. Luas Serangan, Intensitas, dan Agihan Penyakit Moler pada Beberapa Kultivar Bawang Merah di Pertanaman dari Beberapa Kecamatan di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta, Kabupaten Brebes Jawa Tengah, dan Kabupaten Nganjuk Jawa Timur, Musim Tanam Februari - Mei 2005 (Musim Jujan) dan Juni - September 2005 (Musim Kemarau)

Kabupaten/ Kecamatan/ Ketinggian tempat (m dpl)	Jenis tanah dan Jenis lahan	Pola pergiliran tanaman	Suhu(°C) & Kelembapan udara (%)	Curah hujan (mm/ th)	Kultivar	Musim hujan/ kemarau	Luas tanam (Ha)	Penyakit moler		
								Luas serangan (%)	Rerata intensitas penyakit (%)	Agihan
Bantul Sanden 0-10 1-50	Regosol Bukit Pasir Lahan pasir	Pola A	26 - 33 & 60 - 70	1.470	Tiron	Hujan	4,5	11,11	5,50	Mengelompok
					Tiron	Kemarau	2,0	2,50	1,25	Mengelompok
					Biru	Hujan	3,0	58,00	33,25	Mengelompok
					Biru	Kemarau	4,5	11,00	7,00	Mengelompok
					Pilip	Hujan	2,5	80,00	38,50	Mengelompok
					Pilip	Kemarau	3,5	5,70	3,50	Mengelompok
	Regosol Lahan sawah	Pola B	25 - 31,50 & 60 - 75	1.470	Tiron	Hujan	368,0	1,22	8,75	Mengelompok
					Tiron	Kemarau	48,00	0,00	0,00	
					Biru	Hujan	80,0	36,25	32,25	Mengelompok
					Biru	Kemarau	102,0	0,00	0,00	
					Pilip	Hujan	40,0	27,50	34,00	Mengelompok
					Pilip	Kemarau	97,0	0,00	0,00	

Lanjutan Lampiran 1.

Kabupaten/ Kecamatan/ Ketinggian tempat (m dpl)	Jenis tanah dan Jenis lahan	Pola pergiliran tanaman	Suhu(°C) & Kelembap. udara (%)	Curah hujan (mm/ th)	Kultivar	Musim hujan/ kemarau	Luas tanam (Ha)	Penyakit moler		
								Luas serangan (%)	Rerata intensitas penyakit (%)	Agihan
Bantul Kretek 50-100	Regosol Lahan sawah	Pola B	25 - 31 & 60 - 80	1.525	Tiron	Hujan	323,0	0,62	10,50	Mengelompok
					Tiron	Kemarau	65,0	0,00	0,00	
					Biru	Hujan	57,0	28,07	20,25	Mengelompok
					Biru	Kemarau	140,0	0,00	0,00	
					Pilip	Hujan	75,0	70,67	32,25	Mengelompok
					Pilip	Kemarau	125,0	0,00	0,00	
Bantul Srandakan 50-100	Regosol Lahan sawah	Pola B	25 - 30 & 60 - 80	1.540	Tiron	Hujan	25,0	0,02	15,00	Mengelompok
					Tiron	Kemarau	2,0	0,00	0,00	
					Biru	Hujan	6,0	90,00	34,00	Mengelompok
					Biru	Kemarau	8,0	0,00	0,00	
					Pilip	Hujan	3,0	83,33	35,00	Mengelompok
					Pilip	Kemarau	7,0	0,00	0,00	

Lanjutan Lampiran 1.

Kabupaten/ Kecamatan/ Ketinggian tempat (m dpl)	Jenis tanah dan Jenis lahan	Pola pergiliran tanaman	Suhu(°C) & Kelembap. udara (%)	Curah hujan (mm/ th)	Kultivar	Musim hujan/ kemarau	Luas tanam (Ha)	Penyakit Moler				
								Luas serangan (%)	Rerata intensitas penyakit (%)	Agihan		
Brebes Larangan ≤ 100	Aluvial Lahan sawah	Pola C1	25 – 30 & 70 – 90	2.342	Kuning	Hujan	1.706,0	35,00	6,00	Mengelompok		
					Kuning	Kemarau	1.457,0	1,50	0,50	Mengelompok		
					Bima	Hujan	1.138,0	45,00	21,50	Mengelompok		
					Bima	Kemarau	1.056,0	2,25	1,00	Mengelompok		
Nganjuk Sukomoro 50 - 100	Vertisol Lahan sawah	Pola D1	25 – 30 & 65 – 80	1.876	Bauji	Hujan	250,0	18,00	13,00	Mengelompok		
					Bauji	Kemarau	0,0	-	-			
					Pilip	Hujan	7,0	22,00	23,00	Mengelompok		
					Pilip	Kemarau	70,0	8,00	11,00	Mengelompok		
		Pola D3			Bauji	Hujan	60,0	20,00	23,00	Mengelompok		
					Bauji	Kemarau	0,0	-	-			
					Pilip	Hujan	3,0	30,00	37,00	Mengelompok		
					Pilip	Kemarau	215,0	10,00	15,00	Mengelompok		

Sumber : Kantor Kecamatan, Balai Penyuluhan Pertanian, dan Hasil Survei serta Wawancara

Lampiran 2. Rerata intensitas penyakit moler 6 kultivar bawang merah yang ditanam di 4 lahan pada kondisi cuaca musim hujan dan kemarau

Musim	Lokasi	Kondisi cuaca		Intensitas penyakit moler (%) pada kultivar					
				Pilip	Bauji	Tiron	Biru	Kuning	Bima
Hujan	Lahan pasir Bantul (A)	Kisaran suhu udara (°C)	28,25 – 32,75	31,84 e f	31,39 e f	11,10 i	35,45 e	17,52 h	23,45 fg
		Rerata suhu udara (°C)	30,09						
		Kisaran kelemb. udara (%)	65,00 – 80,67						
		Rerata kelemb. udara (%)	73,73						
		Kisaran suhu tanah (°C)	23,38 – 28,88						
		Rerata suhu tanah (°C)	25,87						
		Curah hujan (mm/hari)	3,7						
	Lahan sawah Bantul (B)	Kisaran suhu udara (°C)	28,25 – 33,75	46,38 c d	51,07 c	10,12 i	59,98 b	19,33 gh	20,16 gh
		Rerata suhu udara (°C)	30,55						
		Kisaran kelemb. udara (%)	76,33 – 86,67						
		Rerata kelemb. udara (%)	81,52						
		Kisaran suhu tanah (°C)	24,75 – 28,50						
		Rerata suhu tanah (°C)	26,61						
		Curah hujan (mm/hari)	2,8						

Musim	Lokasi	Kondisi Cuaca		Intensitas Penyakit Moler (%) pada Kultivar					
				Pilip	Bauji	Tiron	Biru	Kuning	Bima
Hujan	Lahan Sawah Brebes (C)	Kisaran Suhu Udara (°C)	27,50 – 32,00	33,39 e	40,92 d e	8,58 j	19,33 g h	23,61 f g	23,07 f g
		Rerata Suhu Udara (°C)	30,49						
		Kisaran Kelemb. Udara (%)	79,67 – 93,00						
		Rerata Kelemb. Udara (%)	84,65						
		Kisaran Suhu Tanah (°C)	22,38 – 27,75						
		Rerata Suhu Tanah (°C)	24,51						
		Curah Hujan (mm/hari)	9,7						
	Lahan Sawah Nganjuk (D)	Kisaran Suhu Udara (°C)	27,25 – 31,75	74,47 a	61,06 b	36,23 e	77,90 a	61,50 b	49,24 c d
		Rerata Suhu Udara (°C)	29,39						
		Kisaran Kelemb. Udara (%)	74,00 – 89,00						
		Rerata Kelemb. Udara (%)	82,41						
		Kisaran Suhu Tanah (°C)	24,13 – 28,25						
		Rerata Suhu Tanah (°C)	26,57						
		Curah Hujan (mm/hari)	9,3						

Lanjutan Lampiran 2.

Musim	Lokasi	Kondisi Cuaca		Intensitas Penyakit Moler (%) pada Kultivar					
				Pilip	Bauji	Tiron	Biru	Kuning	Bima
Kemarau	Lahan Pasir Bantul (A)	Kisaran Suhu Udara (°C)	29,00 – 36,25	2,29 b c d	3,40 a	1,56 d e f	2,69 a b c	2,04 c d e	2,61 a b c
		Rerata Suhu Udara (°C)	32,03						
		KisaranKelemb. Udara (%)	62,67 – 76,67						
		Rerata Kelemb. Udara (%)	69,98						
		Kisaran Suhu Tanah (°C)	25,25 – 30,00						
		Rerata Suhu Tanah (°C)	27,35						
		Curah Hujan (mm/hr)	0						
	Lahan Sawah Bantul (B)	Kisaran Suhu Udara (°C)	30,00 – 33,75	1,11 f g	1,25 f g	0,91 h	0,94 g h	1,42 e f g	0,94 g h
		Rerata Suhu Udara (°C)	31,36						
		KisaranKelemb. Udara (%)	67,33 – 79,00						
		Rerata Kelemb. Udara (%)	72,84						
		Kisaran Suhu Tanah (°C)	24,00 – 27,13						
		Rerata Suhu Tanah (°C)	25,34						
		Curah Hujan (mm/hr)	0						

Musim	Lokasi	Kondisi Cuaca		Intensitas Penyakit Moler (%) pada Kultivar					
				Pilip	Bauji	Tiron	Biru	Kuning	Bima
Kemarau	Lahan Sawah Brebes (C)	Kisaran Suhu Udara (°C)	27,75 – 32,25	1,03 f g h	1,22 f g	0,68 I	1,11 f g	0,85 i	0.71 i
		Rerata Suhu Udara (°C)	29,59						
		Kisaran Kelemb. Udara (%)	69,76 – 84,67						
		Rerata Kelemb. Udara (%)	79,22						
		Kisaran Suhu Tanah (°C)	22,63 – 25,50						
		Rerata Suhu Tanah (°C)	24,06						
		Curah Hujan (mm/hr)	0						
	Lahan Sawah Nganjuk (D)	Kisaran Suhu Udara (°C)	27,75 – 31,00	2,80 a b c	3,34 a	2,60 a b c	3,10 a b	2,88 a b	3,02 a b
		Rerata Suhu Udara (°C)	29,47						
		Kisaran Kelemb. Udara (%)	70,67 – 84,00						
		Rerata Kelemb. Udara (%)	76,25						
		Kisaran Suhu Tanah (°C)	25,25 – 28,25						
		Rerata Suhu Tanah (°C)	26,76						
		Curah Hujan (mm/hr)	0						

Dalam satu musim, angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji jarak ganda Duncan